Phys. g. 356 1/(3

Der
physikalische Jugendfreund

oder

faßliche und unterhaltende Darstellung der Naturlehre, mit der genauesten Beschreibung aller anzustellenden Experimente, der dazu nöthigen Instrumente, und selbst mit Beyfügung vieler belustigenden physikalischen Kunststücke,

von

D. J. H. M. Poppe,

Rath und Professor zu Frankfurt am Mayn.

Dritter Theil.

Mit acht Kupfertafeln.

Frankfurt am Mayn,
bey Friedrich Wilmans, 1814.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Vorerinnerung.

Bey diesem dritten Theile habe ich blos zu erinnern, daß wegen der Reichhaltigkeit des Stoffs, den ich hier zu bearbeiten hatte, und wegen des vorzüglich hohen Interesses der ganze Lehre vom Lichte, welche der vorliegende Theil enthält, am Ende kein eignes Kapitel von Kunststücken angehängt worden ist. Desto mehrere und zwar ächte

physikalische Kunststücke, wie sie die vorhergehenden Theile noch nicht liefern konnten, wird der vierte Theil enthalten. Dieser wird die Lehren von der Electricität, vom Galvanismus und Magnetismus umfassen.

Frankfurt a. M. im November 1813.

D. J. H. M. Poppe.

Inhalt.

Seite.

Drey und dreissigstes Kapitel. Vom Thermometer und Pyrometer 3

Vier und dreissigstes Kapitel. Von der specifischen Wärme 32

Fünf und dreissigstes Kapitel. Vom Schmelzen der Körper und von ihrer Verwandlung in Dämpfe 42

Sechs und dreissigstes Kapitel. Von dem Verdunsten insbesondere und von den Hygrometern 62

Sieben und dreissigstes Kapitel. Vom Lichte im Allgemeinen. 74

Acht und dreissigstes Kapitel. Von der Größe der Gegenstände, welche wir sehen . . 98

Neun und dreissigstes Kapitel. Von der Reflexion oder Zurückwerfung der Lichtstrahlen . 125

Vierzigstes Kapitel. Erscheinungen in ebenen Spiegeln 134

Seite.

Ein und vierzigstes Kapitel. Von krummen Spiegeln 153

Zwey und vierzigstes Kapitel. Von der Brechung der Lichtstrahlen im Allgemeinen . . . 186

Drey und vierzigstes Kapitel. Von den eigentlich sogenannten optischen Täuschungen . . 194

Vier und vierzigstes Kapitel. Von der Brechung der Lichtstrahlen in allerley Arten von geschliffenen Gläsern 206

Fünf und vierzigstes Kapitel. Von den Linsengläsern insbesondere, und von den Erscheinungen, welche sie bewirken 212

Sechs und vierzigstes Kapitel. Von dem Auge und der Beschaffenheit des Sehens . . . 227

Sieben und vierzigstes Kapitel. Von den Mikroskopen, Fernröhren und andern optischen Instrumenten 251

Acht und vierzigstes Kapitel. Von den Farben und von der Beugung des Lichts. . . . 273

Der
physikalische Jugendfreund.

Dritter Theil.

Drey und dreissigstes Kapitel.

Vom Thermometer und Pyrometer.

Daß ein gewisser Grad der Wärmeäußerung Temperatur heißt, wußte Ferdinand aus frühern Belehrungen. Auch kannte er schon den gewöhnlichen Gebrauch der Werkzeuge, welche wir Thermometer, Thermoskope oder Wärmezeiger nennen. Aber das wußte er noch nicht, worauf sich dieser Gebrauch gründete und was für eine Bewandniß es mit der Verfertigungsart der Thermometer hatte. Dieses sollte jetzt zuerst der Gegenstand der Unterhaltung seyn.

Herr Waltersdorf hielt die warme Hand an die Kugel eines Luftthermometers (Th. II. Taf. IV. Fig. 6. und 7.). Plötzlich wurde der Liquor, welcher bis a stand, heruntergetrieben. Daß dieses durch die Ausdehnung der Luft über a geschah, wußte Ferdinand. Nun holte Herr Waltersdorf eine Kohlenpfanne mit glühenden Kohlen, und hielt die Kugel des Thermometers in die Nähe der Kohlen. Da sank die Flüssigkeit in der Röhre noch weiter herab. So wie er die Kugel wieder von den Kohlen entfernte, so stieg auch die Flüssigkeit wieder. Sie stieg desto höher, je geringer die Wärme des umgebenden Mittels war, in welchem das Instrument sich befand. Damit Ferdinand dies noch deutlicher sehen konnte, so schlug Herr Waltersdorf ein Tuch um die Kugel, das er mit ganz kaltem Wasser befeuchtet hatte. Siehe da! der Liquor stieg noch auffallend höher; natürlich, weil sich durch die Kälte die Luft über a noch viel mehr zusammengezogen hatte.

Hieraus sieht man also, fuhr Herr Waltersdorf fort, daß die Flüssigkeit in jenem Instrumente bey einer höhern Temperatur des umgebenden Mittels sinkt, bey einer niedrigern steigt, und zwar beydes um desto mehr, je höher oder je niedriger die Temperatur ist. Befestigte man das Thermometer an ein Bret, das man vertikal aufhängte, und theilte man die Länge des Brets neben der Röhre in eine Anzahl gleicher Theile, so würde man das Sinken und Steigen der Flüssigkeit genauer beobachten und die Veränderung der Temperatur des umgebenden Mittels (z. B. der Luft) besser wahrnehmen können.

Dieser von dem holländischen Bauer Cornelius Drebbel im Anfange des siebzehnten Jahrhunderts erfundene und (wie Fig. 7.) von einem gewissen Sanctorius verbesserte Wärmezeiger hatte aber noch viele Unvollkommenheiten. Da das Instrument unten offen ist, so kann die Luft auch auf die Flüssigkeit drücken; sie wirkt also auch darauf, wie auf

das Barometer. Gesetzt z. B. im Sommer würde die Flüssigkeit durch mehr Wärme hinuntergetrieben; zugleich nähme aber auch die Elasticität der Luft zu, drückte folglich stärker unten auf die Flüssigkeit; so würde diese im letztern Falle wieder hinaufwärtsgetrieben. Beyde Bewegungen wirkten also einander entgegen. Die Flüssigkeit könnte demnach durch die Wärme nicht so weit heruntergetrieben werden, als es ohne jenen Druck der Luft geschehen wäre. Verschließen darf man unten das Werkzeug nicht, weil die Flüssigkeit, wenn sie durch die Ausdehnung der darüber befindlichen Luft heruntergetrieben wird, doch einen Raum haben muß, in den sie sich hinbegeben kann.

Schon in der Mitte des siebenzehnten Jahrhunderts richteten daher die Mitglieder der Akademie zu Florenz das Thermometer auf folgende Art ein. Sie nahmen eine Röhre wie Fig. 2. Taf. I. (oder wie Th. II. Fig. 6. Taf. IV.), und füllten sie

ohngefähr bis zum vierten Theil mit gefärbtem Weingeist. Sie hielten sie dann so über ein Feuer, daß die Kugel unten, die Mündung der Röhre oben hin kam, und erhitzten sie so lange, bis der Weingeist oben zur Mündung heraus quoll; in demselben Augenblicke versiegelten sie die Mündung oder schmolzen sie zu. Es war also nun keine Luft mehr in der Röhre. Erkaltete sie, folglich auch der eingeschlossene Weingeist, so zog dieser sich in einen engern Raum zusammen, sank, und zwar desto mehr, je größer die Kälte wurde. In der Wärme stieg er wieder. Sollte er wieder die ganze Röhre ausfüllen, (welches aber nicht mehr erforderlich war) so mußte er wieder so sehr erhitzt werden, wie im Anfange.

Brachte man ein solches Thermometer an einen mäßig warmen Ort, z. B. in einen tiefen Keller, wo Jahr aus Jahr ein ohngefähr einerley Temperatur herrscht, so sank der Weingeist etwa bis an die Mitte der Röhre herab. Ueber und unter dieser Stelle konnte

man die Röhre, oder ein Bret, woran sie befestigt war, in eine gewisse Anzahl gleicher Theile theilen. Alsdann konnte man sagen: das Thermometer stehe hier oder da, zu dieser oder jener Zeit auf so viele Grade über oder unter dem Punkte der gemäßigten Wärme. Aber diese Sprache verstand nur der, welcher das Thermometer hatte. Jeder andere, der ein eben solches Thermometer besaß, konnte natürlicher Weise nicht dieselben Grade haben, wenn auch die Anzahl derselben einerley war.

Es fehlten also noch wirklich übereinstimmende oder mit einander vergleichbare Thermometer, woran man den Stand der Flüssigkeit so angeben konnte, daß dieses auch jeder andere genau verstand. Solche Thermometer erfand im Jahr 1714 ein gewisser Fahrenheit aus Danzig.

Fahrenheit füllte nämlich eine eben solche Röhre, wie Fig. 2. Taf. I., auf dieselbe Art mit Weingeist oder mit Quecksilber, wie es die Akademiker

zu Florenz thaten. Auch versiegelte er sie eben so und unter denselben Umständen. Er fand darauf, daß die Flüssigkeit immer bis auf einen gewissen Punkt herabsank, wenn er die Kugel in gefrierendes Wasser oder in aufthauendes Eis setzte, und daß sie auch bis zu einem gewissen Punkte empor stieg, wenn er die Kugel in siedendes Wasser tauchte. Jenen Punkt nannte er Eispunkt, Aufthauepunkt, Gefrierpunkt; diesen nannte er Siedepunkt, Kochpunkt. Der Abstand beyder Punkte von einander, gab also die Basis zu einem brauchbaren Maaßstabe. Fahrenheit setzte aber auch das Thermometer in ein Kälte erregendes Gemisch von Wasser, Eis und Kochsalz oder Salmiak. In diesem sank die Flüssigkeit noch um ein Ziemliches tiefer. Den Punkt, worauf sie stehen blieb, nannte er den künstlichen Gefrierpunkt, und diesen nahm er eigentlich als Gränzpunkt der Kälte an. Den Raum zwischen dem Siedepunkte und dem künstlichen Gefrierpunkte theilte

er in 212 gleiche Theile oder Grade ein, wovon er eine willkührliche Anzahl noch unter den künstlichen Gefrierpunkt, auch wohl noch über den Siedepunkt trug. An den künstlichen Gefrierpunkt setzte er die 0, an den Siedepunkt 212. An den Eispunkt oder natürlichen Gefrierpunkt kam gerade der 32ste Grad zu stehen; folglich enthielt der Raum zwischen dem natürlichen Gefrierpunkte und zwischen dem Siedepunkte noch 180 Grade. Hätte Fahrenheit den Maaßstab oder die Thermometer-Skale bis zum Siedepunkte des Quecksilbers fortsetzen wollen, so hätte er noch 388 seiner Grade über den Siedpunkt tragen müssen.

Der Franzose Reaumür führte fast um dieselbe Zeit eine neue noch bequemere Skale ein. Er setzte die 0 an den natürlichen Gefrierpunkt, und theilte den Fundamentalabstand oder den Raum zwischen diesem Gefrierpunkte und zwischen dem Siedepunkte in 80 gleiche Theile oder Grade ein. Die Zahl 80 setzte er an den Siedepunkt, und unter 0 trug er noch eine

ziemliche Anzahl eben solcher Grade. Fahrenheit hatte deswegen seinen Fundamentalabstand in 212 gleiche Theile getheilt, weil er wollte gefunden haben, daß das Quecksilber sich von dem künstlichen Gefrierpunkte an bis zum Siedepunkte um 212 solcher Theile ausdehnte, deren das ganze Thermometer 11124 enthielt. Reaumur aber theilte deswegen seinen Fundamentalabstand in 80 gleiche Theile, weil er die Ausdehnung des Weingeistes vom Eispunkte bis zum Siedepunkte $\frac{80}{1000}$ des ganzen Volumens der Röhre und der Kugel gefunden haben wollte. Reaumur wandte seine Skale blos auf Weingeistthermometer an. Hernach aber hat man, hauptsächlich in den neuern Zeiten auf des berühmten Physikers de Lüc Empfehlung, die Reaumursche Skale auch bey Quecksilber-Thermometern angewandt. Denn Quecksilberthermometer sind besser als Weingeistthermometer, weil das Quecksilber für die Aenderung der Wärme sehr empfindlich ist, und weil es viel höhere Grade von

Wärme und Kälte verträgt, ehe es in Dämpfe verwandelt oder fest wird. Der Gang der Weingeistthermometer ist bey der Temperatur des kochenden Wassers schon ungleichförmig.

Jetzt, lieber Ferdinand, kann ich dir erst ausführlich erklären, wie man wirklich ein Thermometer wie dieses, Taf. I. Fig. 2. macht, woran du die beyden Skalen, die Fahrenheitsche und die Reaumursche siehst.

Man läßt sich von einem Glasbläser an eine Röhre, die ohngefähr 9 Zoll lang, $\frac{1}{4}$ Linie weit und $\frac{1}{4}$ Linie dick ist, eine Kugel blasen. Durch allmälige Erhitzung treibt man die Luft heraus, und dann hält man die Oeffnung der Röhre augenblicklich in Quecksilber (oder, wenn man ein Weingeistthermometer machen will, in gefärbtem Weingeist). Man suchte die Erhitzung so weit zu treiben, daß die Kugel ganz, die Röhre aber ohngefähr bis zur Hälfte mit Quecksilber angefüllt wurde. Nun erhitzt man die Kugel

mit dem Quecksilber wieder, und zwar so weit, daß das Quecksilber oben zur Mündung der Röhre herausquillt. Sobald dieses geschieht, schmelzt man oben die Oeffnung zu. Erkaltet die Röhre wieder, so zieht sich das Quecksilber in der Kugel und die Quecksilbersäule in der Röhre zusammen, und über der Quecksilbersäule muß nun ein vollkommen luftleerer Raum seyn. Wäre noch Luft in der Röhre geblieben, so würde das Instrument die Temperatur nicht richtig angeben. Denn die Luft über dem Quecksilber würde der Ausdehnung desselben ein Hinderniß entgegensetzen. Man kann aber leicht sehen, ob ein Thermometer luftleer ist. Man braucht es nur umzukehren und das Quecksilber bis an's Ende der Röhre hinfließen zu lassen. Thut es dies nicht ganz, so ist noch Luft in der Röhre.

Jetzt kommt es darauf an, den Siedepunkt und Eispunkt zu bestimmen. Zu dem Ende taucht man erst die Kugel in siedendes Wasser. Die Flüssigkeit in

der Röhre steigt dann schnell empor. Man wartet bis sie auf einem Punkte stehen bleibt. Genau an dieser Stelle bindet man ein dünnes, etwa mit Leim klebrig gemachtes Fädchen um die Röhre. Nun nimmt man zerstoßenes Eis und setzt die Kugel so hinein, daß sie allenthalben vom Eise umgeben ist. Das Quecksilber in der Röhre fällt dann bis auf einen gewissen Punkt herab. An dieser Stelle bindet man auch ein Fädchen um die Röhre. Der Zwischenraum zwischen den beyden Fädchen bildet nun den Fundamentalabstand des Thermometers. Man befestigt die Röhre an ein länglichtes Bret oder an eine länglichte metallene Tafel, welche die Skale abgeben soll. Alsdann sticht man auf der Tafel (oder auf dem Brete) genau die Punkte ab, wo um der Röhre die Fädchen sich befinden. So ist demnach der Fundamentalabstand auf die Tafel übergetragen, und man braucht nur noch diesen Abstand für die Reaumürsche Skale genau in 80, für die Fahrenheitsche in 180 gleiche Theile zu theilen. Für die

Reaumürsche Skale setzt man an den Eispunkt o, und trägt die Grade hinaufwärts bis an den Siedepunkt, an welchem 80 zu stehen kommt. Unter o trägt man noch eine Anzahl solcher Grade mit steigenden Zahlen etwa bis an die Kugel. Für die Fahrenheitsche Skale an der andern Seite der Röhre setzt man neben den Eispunkt 32, und trägt die Grade gleichfalls hinauf. Neben den Siedepunkt kommt denn 212. Von dem Eispunkte an trägt man nun noch 32 Grade in abnehmenden Zahlen hinunterwärts. Neben den letzten Grad, welcher den künstlichen Gefrierpunkt bezeichnet, setzt man o. In zunehmenden Zahlen trägt man von o an noch mehrere Grade hinabwärts, etwa bis an die Kugel.

So ist das Thermometer fertig, und der jedesmalige Stand des Quecksilbers in der Röhre zeigt die Temperatur desjenigen Mittels (z. B. der Luft) an, welche das Instrument umgiebt, und zwar zugleich in Reaumürschen und in Fahrenheitschen Graden. Steht

z. B. das Thermometer auf 0 Reaumür, so hat das Mittel, worin es sich befindet, die Temperatur des gefrierenden Wassers oder des aufthauenden Eises. Steht es über 0, so ist die Temperatur höher; steht es unter 0, so ist die Temperatur noch niedriger. Je höher über 0, und je tiefer unter 0 das Quecksilber steht, desto höher oder niedriger ist die Temperatur des umgebenden Mittels. Steht es 34 Grad (34°) unter 0, so ist die Temperatur des umgebenden Mittels so niedrig, daß darin das Quecksilber friert. Steht es 30° über 0, so ist die Temperatur ohngefähr derjenigen des menschlichen Bluts gleich.

Auf jedem Fall sind die Thermometer sehr nützlich, hauptsächlich in Hospitälern und Gewächshäusern, um die Luft stets in einer gewissen Wärme zu erhalten, so z. B. daß sie in Hospitälern, sowie in Wohnzimmern überhaupt, nie über 20 und nie unter 15 Grad komme; ferner in Bädern, wo die beste Temperatur des lauen Wassers zwischen 18 und 25

Reaumürsche Grade fällt; in Färbereyen, Bierbrauereyen, Branntweinbrennereyen, in den Trockenstuben der Zuckerfabriken, Schießpulverfabriken und anderer Fabriken, wo auf den richtigen Grad der Wärme, dort der tropfbaren Flüssigkeit, hier der Luft, so viel ankommt u. s. w.

Wenn in Deutschland und Frankreich, so wie in deutschen und französischen Büchern die Grade des Thermometerstandes schlechthin angegeben werden, so versteht man immer Reaumürsche Grade darunter. In England ist die Fahrenheitsche Skale gebräuchlicher. De l'Isle in Frankreich gab eine Skale an, die beym Siedepunkte 0 und beym natürlichen Gefrierpunkte 150 hatte. Sie ist aber nicht sehr beliebt geworden, eben so wenig als die Skale des Schweden Celsius, woran der Fundamentalabstand in 100 Grade eingetheilt war, und als manche andere.

Eispunkt und Siedepunkt des Thermometers sind ein Paar beständige Punkte. Wenn daher zwey Ther=

mometer mit einerley Flüssigkeit gefüllt, mit einerley Abtheilung zwischen Eispunkte und Siedepunkte versehen und sonst auch mit der nöthigen Vorsicht verfertigt sind, so werden sie in einerley Wärme einerley Anzahl von Graden zeigen, wenn die Grade auch in Hinsicht der Größe von einander abweichen. Nur die Entfernung des Eispunktes und Siedepunktes fällt desto größer aus, je enger die Röhre und je größer die Kugel ist. Es wird dann von einer gewissen Wärme viel Quecksilber durch einen langen Raum ausgedehnt, und jeder einzelne Grad wird dadurch bemerkbarer. Solche Thermometer sind daher empfindlicher, als diejenigen mit kleiner sehr enger Röhre und sehr kleiner Kugel. Von letzterer Sorte giebt es solche, die nur einen Finger lang sind; auch solche in einem taschenuhrförmigen Gehäuse, mit einer kreisförmig gebogenen Röhre, worin das Quecksilber die Grade auf einer cirkelrunden Scheibe, wie auf einem Zifferblatte zeigt.

Wenn man das Thermometer in ein gewisses Medium bringt, dessen Temperatur in Erfahrung gebracht werden soll, so muß man immer erst einige Zeit warten, bis das Quecksilber auf einem Punkte fest stehen bleibt. Denn der Wärmestoff bedarf erst einige Zeit, um die Glasmasse und das Quecksilber bis in die Mitte der Kugel zu durchdringen. Damit dieses schnell geschehe, so wendet man zu dem Thermometer auch wohl Röhren mit platt oder sogar hohl gedrückten Kugeln an.

Die Tafel, worauf die Thermometer-Skale verzeichnet steht, ist entweder von Holz und lackirt; oder von Holz mit Papier bezogen; oder von Elfenbein; oder von Messing und versilbert; oder von Silber. Aber alle diese Körper werden ja selbst durch Wärme ausgedehnt. Daher sollte man zu einer solchen Tafel immer nur diejenige Materie nehmen (nach Th. II. S. 207), welche ihre Dimensionen durch Veränderung der Temperatur am wenigsten verändert. Dies wäre

allerdings recht ausgetrocknetes und in Leinöhl gesottenes Holz. Indessen lassen sich auf einer hölzernen Tafel die Theilstriche nicht so fein darstellen, als auf Metall. Ganz vorzüglich genaue Thermometer aber sind diejenigen, deren Skale mit den nöthigen Bezeichnungen durch Flußspathsäure in die Thermometerröhre selbst eingeätzt ist. Damit man aber daran die Striche und Grade genau erkenne, so reibt man eine rothe Farbe in die eingeätzten Stellen. — Kostbare Skalen bey Thermometern anzuwenden, ist etwas sehr Ueberflüssiges. Zerbricht nämlich die Röhre, so kann man die Skale schwerlich mehr gebrauchen. Denn wie dürfte man voraussetzen, daß man dazu wieder eine Röhre erhielte, die ganz genau dieselben Dimensionen hätte, wie die zerbrochene. Und in keinem andern Falle würden doch die Grade wieder paßlich seyn.

Nun ist aber bey den Thermometern noch folgendes zu bedenken. Bey einem geringern Drucke der Luft, siedet Wasser eher, als bey einem stärkern (welcher

von größerer Dichtigkeit oder von größerer Elasticität herrühren kann). In jenem Falle wird das Wasser nicht so heiß, bis es siedet; in diesem Falle wird es heißer, wie ich nun bald genauer auseinander setzen werde. Soll daher der Siedepunkt bey den Thermometern, die man an verschiedenen Orten oder zu verschiedenen Zeiten verfertigt, nicht veränderlich ausfallen, so muß man bey der Bestimmung des Siedepunktes ja mit auf den Druck der Luft Rücksicht nehmen. Entweder muß man alle Thermometer bey einerley Druck der Luft verfertigen, oder man muß auf der Skale den Barometerstand (Th. II. S. 78.) angeben, unter welchem die Skale gemacht wurde, um im Stande zu seyn, die Thermometerangaben mit einander zu vergleichen und zu verbessern.

In den neuesten Zeiten hat man es sogar versucht, die Ausdehnung der Metalle durch Wärme (Th. II. S. 208.) zu Thermometern zu benutzen. Ein solches sogenanntes Metall-Thermometer von der

Form und Größe einer Taschenuhr ist dieses: Taf. I. Fig. 3. und 4.

Ein oval gebogener Theil A A A besteht aus einem (äußern) Messingstreifen und einem (innern) Stahlstreifen. Er ist nur an dem einen Ende h mit einer Schraube an eine Platte des Gehäuses festgeschraubt. Das andere lose Ende g stößt an den kurzen Arm eines leicht beweglichen Hebels c d, der seinen Umdrehungspunkt bey c hat. Der lange Arm dieses Hebels verläuft sich in einen gezahnten Bogen d. Die Zähne dieses Bogens greifen leicht und gut in ein Getriebe e, dessen verlängerte sehr dünne Welle einen feinen Zeiger trägt, welcher auf dem Zifferblatte herumgeht. Eine Spiralfeder f verschafft dem Zeiger einen unverrückten stetigern Gang.

Wenn sich nun der ovale Theil A A A durch Wärme ausdehnt, so breitet er sich mehr auseinander, das lose Ende g geht zurück und der kurze Arm des Hebels c d, woran sich dieses Ende stützt, geht mit;

folglich bewegt sich der lange gezahnte Hebelsarm nach der andern Gegend hin und dreht das Getriebe e mit dem Zeiger um. Zieht sich der ovale Theil durch Kälte zusammen, so wird er enger, das lose Ende g geht mehr vorwärts und der kurze Hebelsarm von c d macht die Bewegung mit, folglich bewegt sich der lange Arm nach der entgegengesetzten Seite hin. Das Getriebe dreht sich also mit dem Zeiger nach der andern Richtung um.

Die Bewegung des Zeigers wird also schon durch den gezahnten langen Hebelsarm mit dem Getriebe und durch seine eigne Länge sehr merkbar, wenn sich auch der ovale Theil nur sehr wenig durch Wärme und Kälte ausdehnt und zusammenzieht. Leicht kann man nun Reaumürsche oder Fahrenheitsche Thermometergrade auf dem Zifferblatte (von Silber oder von Elfenbein oder von Email) anbringen. Man bringt nämlich das Metallthermometer und ein gutes Quecksilberthermometer in einerley Temperatur der Luft und merkt bey

jenem genau den Stand des Zeigers durch einen Punkt auf dem Zifferblatte an. Nun bringt man beyde Thermometer zusammen in eine andere Temperatur, z. B. in eine kältere oder wärmere Luft, und merkt wieder den Stand des Zeigers durch einen Punkt auf dem Zifferblatte an. Den Zwischenraum zwischen den beyden Punkten im Bogen eines Kreises theilt man nun genau in so viele Grade ein, als der Unterschied des Quecksilberstandes im Quecksilberthermometer betrug; solcher Grade kann man dann noch mehrere rechts und links auf dem Zifferblatte hintragen.

Hätte z. B. das Quecksilberthermometer in der ersten Temperatur auf 10 Grad Reaumür, in der zweyten auf 15 Grad gewiesen, so würde man den Zwischenraum der beyden auf dem Zifferblatte des Metallthermometers angemerkten Punkte in 5 gleiche Theile oder Grade eingetheilt haben. Hatte man einmal fünf Reaumürsche Grade, so konnte man auch die

übrigen, sammt dem Nullpunkte durch bloße Forttragung erhalten.

Diese Metallthermometer, welche man auf beyden Seiten des Gehäuses mit Gläsern (wie die Uhrgläser) bedeckt hat, sind blos zur Bestimmung der Luft-Temperatur bestimmt. Wollte man sie in eine tropfbare Flüssigkeit eintauchen, so würde das Instrument dadurch verderben.

Man hat seit einiger Zeit sogar Metallthermometer verfertigt, welche die Veränderung der Temperatur durch Glockenschläge andeuten. Solche Schlag-Thermometer, welche man im Großen zu öffentlichen Thermometern oder Thurm-Thermometern machen könnte, enthalten ein Schlagwerk wie die Uhren mit Auslösungsvorrichtungen, welche durch Bewegungen des Thermometerwerks in Aktivität kommen.

Eine ähnliche Einrichtung wie die Metallthermometer haben die Pyrometer, oder diejenigen Werkzeuge, welche einen sehr hohen Hitzegrad anzeigen, und

zugleich dienen, die Verschiedenheit der Ausdehnungsfähigkeit der Metalle zu prüfen. In einem starken metallenen Gestelle Fig. 5. ist eine gezahnte Stange b c leicht beweglich. Diese Stange greift mit ihren Zähnen in ein Getriebe, das mit dem Rade e eine gemeinschaftliche Welle hat. Das Rad e greift in das Getriebe f, dessen Welle über dem Zifferblatte einen Zeiger trägt. Ein Stab a b, dessen Ausdehnungsfähigkeit man prüfen will (eine eiserne, messingene, silberne ꝛc.), paßt so zwischen das Gestelle, daß er sich genau an die gezahnte Stange lehnt, und noch mittelst eines Stiftchens oder Häkchens damit verbunden werden kann. Verlängert sich nun der Stab durch Wärme, z. B. mittelst eines darunter befindlichen Feuerbeckens, so schiebt er die gezahnte Stange vorwärts. Diese dreht also das Rad und die Getriebe, folglich auch den Zeiger herum, und zwar desto mehr, je mehr sich der Stab a b verlängert hatte, folglich je höher der Grad von Wärme war. Verkürzt sich aber der Stab

a b, so zieht er die gezahnte Stange zu sich hin, folglich macht das Räderwerk mit dem Zeiger eine Bewegung, die jener durch Wärme veranlaßten Bewegung entgegengesetzt ist.

Man sieht leicht ein, daß eine geringe Veränderung in der Länge des zu prüfenden Stabes schon eine merkliche Bewegung des Zeigers veranlassen kann. Hätte man mehrere Metallstäbe von einerley Länge, so könnte man sie nach und nach in das Pyrometer bringen, einerley Wärme darauf wirken lassen, und sehen, nach welchem Verhältniß sie sich insgesammt ausdehnten (Th. II. S. 207). Man brauchte nur die Stäbe mit einer Rinne zu umgeben, in welche die Stäbe zu liegen kämen, und unter der Rinne brauchte man nur Lämpchen anzubringen, welche die Rinne erhitzen und Wasser darin zum Kochen bringen müßten. Thäte man erst zerstoßenes Eis und hernach siedendes Wasser in die Rinne, so könnte man auf dem Zifferblatte

einen Eispunkt und einen Siedepunkt bestimmen und folglich eine Reaumürsche Skale darauf verzeichnen.

Allerdings konnte dieses Instrument sehr nützlich seyn, um dadurch die verschiedene Ausdehnungsfähigkeit der Metalle in einer gewissen Temperatur zu prüfen. Diese Temperatur durfte sich aber nicht so hoch erstrecken, daß die Metalle darin selbst zum Schmelzen gebracht wurden; und deswegen mußten Pyrometer, womit man einen noch viel höhern Hitzegrad bestimmen konnte, (z. B. die Hitze eines Glasofens, Porcellanofens, Eisenschmelzofens) in mancher Hinsicht einen noch viel größern Nutzen haben. Wirklich erfand solche Pyrometer vor einigen Jahren der Engländer Wedgwood.

Wegwoods Pyrometer besteht aus kleinen Thon-Cylindern von bestimmter Länge und Dicke, die in einen Ofen, in einen Schmelztiegel oder in ein anderes Behältniß gelegt werden, dessen Wärmegrad bestimmt werden soll. Dazu gehört eine Vorrichtung

zum Messen der in den Ofen ꝛc. gelegten und wieder herausgenommenen durch das Brennen verkleinerten oder zusammengezogenen Thonstücke. Diese Meß-Vorrichtung, entweder von Messing oder von Porcellan, besteht aus einer glatten flachen Platte, und zwey flachen $\frac{1}{4}$ Zoll dicken Stäben oder Linealen. Die Lineale werden einander gegenüber auf der Platte befestigt und so gegen einander gerichtet, daß sie einen spitzig zu laufenden Kanal bilden, dessen kleinste Weite drey Fünftheile desjenigen Raums beträgt, wo er am weitesten ist. Dieser Kanal ist, seiner ganzen Länge nach, in 240 gleiche Theile getheilt, welche, von dem weitern Ende an nach dem engern zu, mit Nummern versehen sind. Richtet man nun einen Thon-Cylinder, ehe er gebrannt wird, so ein, daß er genau in das weitere Ende des Kanals paßt, so kann er, weil er im Feuer schwindet, oder an Volumen abnimmt, nach dem Brennen weiter bis zu einer folgenden Nummer in dem Kanale fortgeschoben werden, und zwar immer

weiter, je mehr sein Volumen durch wiederholtes Brennen oder durch eine stärkere Hitze vermindert worden war.

Die Thon-Cylinder selbst sind an der einen Seite etwas abgeplattet. Sie halten beynahe eben so viel im Durchmesser, als ihre Länge beträgt. Wenn nun ein solcher Thon-Cylinder zur Bestimmung des Hitzegrades eines Ofens gebraucht werden soll, so muß man ihn, ehe er in's Feuer kommt, zwischen dem beschriebenen Kanale messen und ihn dann erst in den Ofen ꝛc. einlegen. Hat er eine bestimmte Zeit darin gelegen, so nimmt man ihn heraus, läßt ihn kalt werden, und mißt ihn dann wieder zwischen den Linealen, indem man ihn so weit darin fortschiebt, als es sein Umfang erlaubt. Kann er nicht weiter hineingeschoben werden, so zeigt die bemerkte Zahl an der Stelle, wo der Cylinder stehen bleibt, wie stark er in der Hitze zusammengezogen worden war, folglich den Grad der Hitze oder die Stärke des Feuers in dem Ofen.

Wedgwood, welcher bekanntlich eine neue herrliche Art von Steingut erfand, benutzte dies Pyrometer mit dem größten Vortheil in seinen Steingut-Fabriken, weil auf den richtigen Grad der Ofenhitze sehr viel ankam, wenn das Brennen auf das Beste verrichtet werden sollte. Der erste Grad des Pyrometers von Wedgwood ist 130 Graden des Fahrenheitschen Thermometers gleich. Das englische Steingut von Derby gebraucht bis zur Verglasung eine Hitze von 112 Wedgwoodschen oder 15637 Fahrenheitschen Graden; das beste chinesische Porcellan aber bedarf 156 Wedgwoodsche oder 21375 Fahrenheitsche Grade bis zum Weichwerden.

Vier und dreissigstes Kapitel.

Von der specifischen Wärme.

Herr Waltersdorf nahm jetzt zwey abgesonderte Maaß Wasser von einerley Temperatur, erhitzte es in zwey gleichen Behältnissen auf einerley Art und hielt das Thermometer hinein. Da stieg das Quecksilber in beyden gleich hoch hinauf. Eben so nahm er nun verschiedenartige Flüssigkeiten, wie Wasser und Oehl, Wasser und Branntwein, Oehl und Scheidewasser ꝛc., die alle in abgesonderten Gefäßen befindlich waren und gleiche Temperatur hatten. Er erhitzte sie wieder insgesammt auf einerley Art, d. h. er gab jeder Flüssigkeit gleich viel Zuschuß an Wärmestoff, und hielt

wieder in jede das Thermometer hinein. Aber nun stieg in den verschiedenartigen Flüssigkeiten das Thermometer nicht gleich hoch empor; in der einen stieg es höher, in der andern weniger hoch. Aus dieser Erscheinung, lieber Ferdinand, fuhr er fort, kann man schließen, daß die specifische Wärme oder die Capacität der verschiedenen Materien für die Wärme, d. h. die Fähigkeit dieser Materien, Wärmestoff in sich aufzunehmen und an sich zu halten, nicht einerley, sondern sehr verschieden ausfällt. Diejenige Materie hat die größte Capacität, deren Temperatur am niedrigsten ist. Denn diese Materie kann noch einen Zuschuß von Wärmestoff ertragen, ehe sie diejenige Temperatur bekommt, welche die andere Materie von höherer Temperatur zeigt. Nur der freye Wärmestoff kann seine Wirkung auf andere Körper z. B. auf das Thermometer äußern. Der Wärmestoff im gebundenen Zustande ist gleichsam todt für alle benachbarte Körper. Diejenige Materie,

welche die größte Capacität für die Wärme hat, bindet den Wärmestoff fester, oder vereinigt ihn inniger mit ihren Theilchen; und eben diese Materie kann denn auch die größte Menge Wärmestoff in und an sich halten. Eine Materie hingegen, welche gleich mit Wärmestoff gesättigt ist, weil sie nicht viel Wärmestoff aufnehmen und binden kann, muß natürlich bey einerley Zufluß von Wärmestoff eine höhere Temperatur zeigen; denn der Wärmestoff, welcher nicht gebunden wird, bleibt frey, und strömt nach andern benachbarten Körpern hin. Woher die größere oder geringere Capacität der Körper für den Wärmestoff kommt, läßt sich freylich nicht mit Gewißheit bestimmen. Es kann allerdings von einer größern Menge Zwischenräumchen zwischen der Materie, sowie von einer besondern zur Aufnahme des Wärmestoffs geeigneten Lage der Zwischenräumchen, aber auch vorzüglich von einer eignen bald stärkern, bald schwächern Verwandtschaft des Wärmestoffs mit den materiellen Theilchen herrühren. Diese

Verwandschaft wäre dann von einer besondern Ziehkraft abhängig, welche an den Theilchen, bey einigen mehr, bey andern weniger sich wirksam zeigte.

Wenn man nun annimmt, daß der Wärmestoff mit den Theilchen aller Körper bald in größerer, bald in geringerer Menge, bald mehr bald weniger fest verbunden, und daß der Zustand der Theilchen, in Hinsicht ihrer Lage und ihrer Ziehkraft allerley Veränderungen unterworfen ist, so läßt sich auch recht gut begreifen, daß in den Körpern allerley Capacitätsveränderungen vorgehen können, wie z. B. durch die Wirkung des Sonnenlichts, durch Reiben, durch Vermischungen und Absonderungen und durch andere chemische Processe. Diese Veränderungen können entweder Capacitätsverminderungen oder Capacitätsvermehrungen seyn. Im erstern Falle würde vielleicht durch eine veränderte Lage der Poren oder durch Abnahme der Ziehkraft der Theilchen, ein großer Theil Wärmestoff gleichsam abfließen oder hin-

wegströmen; im andern Falle würde, ebenfalls durch eine veränderte Lage der Poren oder durch Vermehrung der Ziehkraft der Theilchen, noch mehr Wärmestoff eingeschluckt, von den Theilchen inniger aufgenommen und fester gebunden. Vermindert sich also die Capacität eines Körpers, so bedarf er zu einer gewissen Temperatur nicht mehr so viel Wärmestoff; es entweicht ein Theil davon, und dies bringt Wärme oder eine erhöhte Temperatur zuwege. Vermehrt sich aber die Capacität eines Körpers, wodurch der Wärmestoff tiefer in die Poren zieht oder sich fester an die Theilchen hängt, so entsteht Kälte oder eine Erniedrigung der Temperatur.

„Wie," lieber Ferdinand, „würdest du nun wohl die Entstehung der Wärme beym Kalklöschen erklären? Und wie die Entstehung der empfindlichen Kälte beym Vermischen des Kochsalzes oder des Salmiaks mit Schnee oder zerstoßenem Eise?" — Ganz richtig antwortete Ferdinand so: „Wenn der ge-

brannte Kalk im Wasser sich auflößt, so entsteht eine Capacitätsverminderung; es wird viel Wärmestoff frey, und dieser freye Wärmestoff wirkt dann mit der bekannten Kraft (der Wärme) auf die benachbarten Körper. Durch Vermischung des Kochsalzes oder Salmiaks mit Schnee oder zerstoßenem Eise hingegen entsteht eine Capacitätsvermehrung, der vorhandene Wärmestoff dringt tiefer in die Poren der Körper oder hängt sich fester und inniger an die Theilchen. Er ist dann in dem Zustande, noch viel Wärmestoff aufnehmen zu können. Sind nun andere Körper in der Nähe, so entzieht er diesen begierig den Wärmestoff; so daß sie durch den Verlust an Wärmestoff Kälte empfinden müssen."

Es ist eine bekannte Erfahrung, fuhr Herr Waltersdorf fort, daß eine Bouteille gefrorner Wein in kaltem Wasser aufthaut, wobey das Wasser um der Bouteille herum friert, daß aber eine Bouteille gefrornes Wasser nicht so in Wasser aufthaut. Der Wein

hat nämlich eine größere Capacität für die Wärme, als Wasser. Setzt man nun eine Bouteille gefrornen Wein in kaltes Wasser, so zieht das Eis sehr begierig den benachbarten Wärmestoff an sich. Das Wasser um der Bouteille herum verliert also schnell so viel Wärmestoff, daß es gefrieren muß. — Derselbe Fall zeigt sich bey gefrornen Kartoffeln, gefrornem Obst ꝛc., die man in kaltes Wasser legt.

Bringt man des Sommers eine große Menge Eis in ein Zimmer, so thaut das Eis nach und nach auf, und im Zimmer wird die Luft kühler, natürlich weil sie ihren Wärmestoff an das Eis abgiebt. In dem heißesten Zimmer kann man einen Teller auf den Tisch frieren lassen, wenn man auf den Tisch Wasser gießt, und einen zinnernen Teller darauf setzt, auf welchem man zerstoßenes Eis oder Schnee mit Kochsalz vermengt. Die Vermengung wird dann bald flüssig, und so wie dies geschieht, wird die Temperatur so gering, daß das Wasser unter

dem Teller gefrieren kann. Das Gefrieren geschieht sogar, wenn man ein Becken mit glühenden Kohlen unter den Tisch hält, weil die Capacität des Gemenges auf dem Teller so groß ist, daß es viel mehr und schneller den Wärmestoff aus dem Wasser unter dem Teller nimmt, als der neue Zufluß des Wärmestoffs unter dem Tische beträgt.

Bringt man noch schneller zerfließbare Dinge zusammen, so kann man noch viel höhere Kältegrade erregen. Herr Waltersdorf nahm zu 3 Theilen Salpetersäure (aus 2 Theilen rauchender Salpetersäure und 1 Theile destillirten Wasser bereitet) dem Gewichte nach 4 Theile schwefelsaures Natrum oder Glaubersalz, und nachdem er dieses Gemisch umgerührt hatte, setzte er $3\frac{1}{2}$ Theil salpetersaures Ammonium hinzu. Sowohl dieses Salz, als jenes Glaubersalz war recht fein gepülvert worden Er legte nun eine dünne mit Wasser gefüllte Röhre in das Gemisch; in wenigen Sekunden war das Wasser zu Eis gefroren.

Braun in Petersburg war der erste, welcher im Jahr 1759 Quecksilber durch eine Mischung von Schnee und Salpetersäure zum Frieren brachte. Dasselbe glückte ebendaselbst dem geschickten Chemiker Lowitz im Jahr 1792 in einem warmen Zimmer durch crystallisirtes Gewächslaugensalz und frischen trocknen Schnee. Zanetti nahm zu demselben Experimente salzsauren Kalk, etwas salzsaures Ammonium und Schnee. — Die Kälte, in welcher Quecksilber fest wird und sich wie Bley hämmern läßt, beträgt 34 Grad Reaumür unter Null. — Von Erregung einer empfindlichen Kälte durch Verdampfung wird weiter unten die Rede seyn.

Die französischen Physiker Lavoisier und la Place bestimmten die specifische Wärme eines Körpers nach der Quantität Eis, die der Körper, welcher eine gewisse Temperatur hat, durch seine Berührung zu schmelzen vermag, während seine Temperatur auf Null fällt. Sie bedienten sich dazu eines eignen

Wärmemessers oder Calorimeters. Ein Kasten von Blech enthält drey abgesonderte hohle Räume, einen in dem andern. Den inwendigen Raum in der Mitte des Kastens umgiebt ein eisernes Gitter, worauf der Körper ruht, dessen specifische Wärme man wissen will. Der zweyte Raum, der den inwendigen umgiebt, ist für das Eis bestimmt, welches durch die Wärme jenes Körpers geschmolzen werden soll. Er wird von festen Blechwänden begränzt. Der äußere Raum bekommt eine andere Quantität Eis, welche bestimmt ist, die Wärme der Luft und anderer fremder Körper zurückzuhalten. Die durch das geschmolzene Eis (von der Temperatur Null) hervorgebrachte Wassermenge läuft durch einen Hahn in ein unter dem Instrument befindliches Gefäß; sie rührt einzig von der Wärme her, die der Körper verloren hat, weil aller Einfluß fremder Wärme durch das äußere Eis abgehalten wird. Das Wasser, welches von diesem äußern Eise entsteht, läuft durch eine besondere

Röhre ab. — Experimente mit diesem Calorimeter haben unter andern gezeigt, daß die dichtern Körper im Allgemeinen mehr specifische Wärme besitzen, als die lockeren.

Fünf und dreissigstes Kapitel.

Vom Schmelzen der Körper und von ihrer Verwandlung in Dämpfe.

Ferdinand wußte längst, wie eine Zunahme von Hitze oder ein Wachsthum der Menge, vorzüglich aber der Elasticität des Wärmestoffs die Theilchen der Körper immer weiter von einander entfernen konnte, wodurch das Volumen der Körper vergrößert wurde. Wird die Hitze noch größer, fuhr Herr Waltersdorf bey der nächsten Unterhaltung fort, so können feste

Körper oft so sehr ausgedehnt werden, daß ihre Theilchen unter einander den Zusammenhang verlieren und in solche Lagen kommen, wo sie sich leicht an einander verschieben lassen. Man sagt dann, die Körper sind geschmolzen oder im Fluß gekommen. Natürlich schmelzen diejenigen Körper, wie Bley, Zinn, Wismuth ꝛc. leichter, deren Theilchen mit geringer Kraft zusammenhängen; diejenigen aber, wie Gold, Eisen ꝛc. schwerer, deren Theilchen mit stärkerer Kraft an einander haften. Jene bedürfen zum Schmelzen eines geringern Hitzegrades und heißen daher leichtflüssige Körper; diese hingegen haben einen höhern Hitzegrad nöthig, und heißen deswegen strengflüssige Körper.

Manche Körper schmelzen für sich in dem heftigsten Ofenfeuer nicht, wie Platina, Quarz, Sand, Kiesel, Thon ꝛc.; sie bedürfen erst, um im Fluß zu kommen, gewisser Zusätze oder Schmelzungsmittel, wie Potasche, Salpeter, Borax, Gyps ꝛc.

Hierauf beruht unter andern die Kunst, Glas und Porcellan zu machen. So erhält man z. B. Glas durch ein Zusammenschmelzen von Sand und Potasche, oder von Sand und Soda, oder von Sand und Salpeter ꝛc. So erhält man Porcellan durch ein Zusammenschmelzen von Thon, Quarz und Gyps, oder von Thon und verwittertem Feldspath. So schmelzt man die Platina im Ofen durch einen Zusatz von Arsenik.

Auch beym Schmelzen derjenigen Metalle, die schon für sich im Fluß kommen, wendet man gern Schmelzungsmittel an, um den Fluß zu erleichtern, folglich den ganzen Schmelzungsproceß in kürzerer Zeit und mit Ersparniß an Brennmaterial zu verrichten. Solche Schmelzungsmittel sind z. B. beym Schmelzen der Eisenerze, Gold- und Silbererze und anderer Erze, der Flußspath, Kalkspath u. d. gl., welche der Hüttenmann Zuschläge nennt. Auch ein Gemisch von mehreren Metallen schmelzt oft eher, als jedes Metall einzeln. Darauf beruht die Wirkung des sogenannten

Schnellothes der Zinngießer, der Klempner und mehrerer anderer Metallarbeiter. Ein solches Schnellloth wird z. B. aus Bley und Zinn zusammengesetzt; es schmelzt leichter, als Bley oder Zinn, jedes für sich selbst. Das Rosesche Metallgemisch aus 1 Theile Zinn, 1 Theile Bley und 2 Theilen Wismuth schmelzt schon in kochendem Wasser, wenn man dieses in einem offenen Gefäße zum Sieden gebracht hat und dann das Metall hineinwirft.

Einige Physiker haben über die Schmelzbarkeit verschiedener Metalle mittelst des Pyrometers Versuche angestellt, und gefunden, daß zum Schmelzen ohngefähr folgende Hitzegrade erfordert werden:

Bey	zinnernen	Stangen	420	Fahrenh.	Grade.
=	bleyernen	=	550	=	=
=	silbernen	=	1000	=	=
=	goldenen	=	1300	=	=
=	kupfernen	=	1450	=	=
=	eisernen	=	1600	=	=

Daß man durch Hülfe der **Brenngläser** und **Brennspiegel** alle die Körper ohne Zusätze schmelzen kann, welche bis dahin jeder Wirkung des Feuers unserer Oefen widerstanden hatten, daß man damit sogar im Stande ist, Gold und verschiedene andere metallische Substanzen zu verflüchtigen, wird erst in der Folge dargethan werden; eben so, daß man durch Zusätze von reiner Lebensluft (Sauerstoffgas), wovon bisher noch nicht gehandelt worden ist, die strengflüssigsten Körper, selbst sehr spröde Steine, schnell und leicht schmelzen kann.

Eine noch weit subtilere Trennung durch Hitze, als das bloße Schmelzen ist, kann mit dem Körpertheilchen vorgenommen werden. Oft ist die Hitze im Stande, die Theilchen mancher Körper so zart aufzulösen, daß die außerordentlich feinen Theilchen mit der Wärme als **Dämpfe** davon fliegen. Dieses Davonfliegen der Dämpfe ist nicht selten mit einer so gewaltsamen Bewegung verknüpft, daß die Dämpfe

sogar noch tropfbare Theilchen auf eine gewisse Strecke mit in die Höhe reißen. Dadurch entsteht auf der Oberfläche der tropfbaren Flüssigkeit dasjenige Aufwallen, welches wir Sieden oder Kochen nennen. In unzählig vielen Bläschen wird dabey Luft mit herausgetrieben. Solche Luftbläschen platzen bald auf der Oberfläche der Flüssigkeit und verursachen dadurch nicht selten ein singendes Geräusch.

Die emporsteigenden Dämpfe müssen natürlich die über ihnen befindliche Luftmasse hinwegschieben und eben so müssen auch die beym Sieden in die Höhe geworfenen trofbaren Theilchen die über ihnen liegende Luft zur Seite treiben können, weil sonst kein Emporsteigen möglich wäre. Das Hinwegtreiben der Luft geschieht nun durch die Elasticität des emporstrebenden mit subtilen Wassertheilchen verbundenen Wärmestoffs. Natürlich geht das Hinwegtreiben desto leichter von statten, je lockerer die Luft ist. Da nun die Luft bey zunehmender Höhe über der Oberfläche der Erde immer

lockerer und lockerer wird, so läßt es sich sehr leicht erklären, warum Wasser auf hohen Bergen viel eher und bey einem viel geringern Hitzegrade siedet, als in Thälern. So gebraucht das Wasser auf dem Montblanc, nach den Versuchen des berühmten Physikers Saussüre, nur 180 Grade Fahrenheit zum Sieden, da es hierzu in den Thälern 212 Grade nach derselben Skale nöthig hat. Wäre über der Flüssigkeit gar keine Luft, so würde schon ein fast unmerklicher Grad von Wärme das Sieden der Flüssigkeit bewirken. Man sieht dies in der That sehr auffallend beym Wasser- oder Pulshammer (Th. I. Taf. IV. Fig. 3. und 4.), wo die mit einer oder mit zwey hohlen gläsernen Kugeln verbundene Glasröhre ohngefähr halb mit Wasser gefüllt, dann durch Hitze von der darin befindlichen Luft befreit und schnell zugeschmolzen worden ist. In diesem Werkzeuge kommt das Wasser schon bey der natürlichen Wärme der Hand in starke Aufwallungen.

Man braucht zu dieser Absicht nur die eine Kugel in die hohle Hand zu nehmen.

„Wie kommt es aber,“ fragte Ferdinand, „daß das siedende Wasser in Thälern nie einen höhern Grad von Hitze annimmt, als 212 Grade Fahrenheit oder 80 Grade Reaumür, man mag die Gluth unter dem Gefäße, worin das Wasser befindlich ist, noch so sehr verstärken, da hingegen andere Materien, z. B. Metalle, bey verstärkter Hitze einen viel höhern Grad von Hitze anzunehmen fähig sind?“ - Allerdings kann auch Wasser einen viel höhern Grad von Hitze annehmen, erwiederte der Lehrer des guten Knaben, aber nur in verschlossenen Gefäßen. In offenen Gefäßen fliegt die Hitze mit den Dämpfen, die eben so heiß als das Wasser sind, stets davon. Neue Hitze wird auf die Verwandlung neuer Dämpfe verwendet, die dann mit einer Menge Hitze immer wieder davon fliegen. Und so geht dies immer fort, bis alle Flüssigkeit in Dämpfe verwandelt ist. Verstärkt man das

Feuer auch noch so sehr, so kann doch die Hitze nie über 80 Grade Reaumür oder 212 Grade Fahrenheit steigen. Aber schneller geht dann die Verdampfung oder das Davonfliegen der Dämpfe mit der Hitze von statten.

Daher kommt es nun auch, daß offene zinnerne Gefäße, die auf dem Feuer stehen, nie schmelzen, so lange Wasser darin ist, und daß man selbst in einem papiernen Gefäße über einer Lichtflamme Wasser zum Kochen bringen kann, ohne daß das Gefäß verbrennt. Denn Zinn schmelzt ja bey 420 Graden Fahrenheit, und wird auf dem Feuer, wenn Wasser darin ist, nie heißer als 212 Grade derselben Fahrenheitschen Skale, weil es die vom Feuer empfangene Hitze (eigentlich den empfangenen Wärmestoff) sogleich wieder an das Wasser abgiebt, welches sie eben so bald wieder zum Verdampfen anwendet. Ist das Gefäß leer, so behält es die empfangene Hitze,

die dann bald bis zu 420 Graden sich häufen und das Gefäß im Fluß bringen kann.

In genau verschlossenen Gefäßen können die Dämpfe nicht mit der Hitze davon fliegen; sie werden dann beysammen erhalten, so daß Hitze und Elasticität der Dämpfe sich dadurch oft außerordentlich vermehrt. Bey der Elasticität (Th. I. S. 105. f.) haben wir hiervon schon an den Knallkügelchen, an der Dampfkugel, an dem Papinischen Topfe, an den Dampfmaschinen, an den Erdbeben und Vulkanen sehr auffallende Beyspiele gesehen. Derselbe Papin, welcher den bekannten Topf erfand, that schon den Vorschlag, mit heißen Wasserdämpfen zu schießen. Die Büchse dazu konnte eine ähnliche Einrichtung wie die Windbüchse haben. Wie groß die Gewalt der Wasserdämpfe gegen die Gewalt des Schießpulvers ist, zeigten die Versuche des ehemaligen französischen Ingenieurs Vauban. Nach diesen Versuchen brachten 140 Pfund Wasser, in

Dämpfe verwandelt, eine Explosion hervor, womit man eine Masse von 77,000 Pfund sprengen konnte, da doch 140 Pfund Schießpulver einen gleichen Effekt nur auf eine Masse von 30,000 Pfund auszuüben vermochten. Hiernach ist denn auch die große Wirkung der Dämpfe bey Erdbeben und Vulkanen leicht erklärbar.

Die Wasserdämpfe, welche eine so große Gewalt besitzen, sind viel leichter als die atmosphärische Luft. Sie sind, nach den Untersuchungen des Professor's Schmidt in Gießen, gerade 1470 mal leichter, als das Wasser selbst, woraus sie entstehen. Haben sie aus einem Gefäße, das man mit der Luft gewogen, die Luft herausgetrieben und haben sie hernach das ganze Gefäß erfüllt, so lassen sie sich allerdings nach geschehenem Verschließen des Gefäßes wiegen; und dann kann man ihr Gewicht mit dem Gewichte der Luft und des Wassers vergleichen.

Da zur Verdampfung oder zur Verwandlung einer Flüssigkeit in Dampf immer Wärme gehört (denn der Wärmestoff ist es ja, welcher die fein aufgelösten Wassertheilchen in die Höhe führt), so muß natürlich derjenige Körper abgekühlt werden, welcher die Wärme zu der Verdampfung hergiebt, vorausgesetzt, daß er nicht sogleich wieder neuen Zuschuß empfängt. Wenn man des Sommers Zimmer oder Straßen mit kaltem Wasser besprengt, so wird dadurch der Boden und die Luft über dem Boden, wo das Besprengen geschieht, abgekühlt. Denn das Wasser verdampft durch die Wärme des Bodens und der Luft; die Wärme geht mit den Dämpfen davon, folglich muß an der Stelle, wo Wärme hinweggenommen worden ist, eine Kühlung verbreitet werden.

Umwickelt man im Sommer eine Bouteille, worin Wein oder ein anderes Getränk befindlich ist, mit feuchten Tüchern, so verdampft das Wasser in den Tüchern nach und nach durch Herauszichung des Wärmestoffs

aus dem Getränke. Sucht man die Tücher immer feucht zu erhalten, so daß die Verdampfung längere Zeit fortdauern muß, so wird das Getränk in der Bouteille immer kühler und kühler. Ein flüchtigeres Fluidum verdampft noch schneller als Wasser. Vorzüglich schnell verdampft Weingeist und Naphta. Wenn man einen Finger mit Wasser befeuchtet und ihn in den Luftzug bringt, so empfindet man schon eine starke Kälte. Man empfindet diese aber viel stärker, wenn man den Finger mit Weingeist befeuchtet; und einen noch weit höhern Kältegrad bemerkt man, wenn man Naphta oder Aether dazu wählt.

Befeuchtet man eine Thermometerkugel mit Wasser, nachdem man sich vorher den Stand des Thermometers in der Luft gemerkt hat, so sieht man, wie das Quecksilber im Thermometer herabsinkt. Wählt man Weingeist statt des Wassers, so sinkt das Quecksilber noch mehr. Nimmt man aber Naphta dazu, so wird das Quecksilber sogar weit unter den Gefrierpunkt herabge-

bracht. Um das Fallen des Quecksilbers besser wahrzunehmen, kann man auch die Kugel des Thermometers in ein Gläschen tauchen, in welches man Naphta gegossen hat, es dann herausziehen und in der Luft bewegen. Man kann aber auch die Kugel vorher mit etwas feiner Leinwand umwickeln. Die Leinwand saugt dann eine größere Menge Naphta ein, wodurch auch eine größere Quantität an die Kugel kommt.

An diesen Versuchen sieht man, daß die Flüssigkeiten um so viel schneller verdunsten, je flüchtiger sie sind. Natürlich muß sich in eben dem Verhältniß auch die Temperatur des Quecksilbers vermindern, welches zu der Verdünstung den Wärmestoff schneller und in größerer Quantität hergiebt. Da nun die Naphta (Vitriolnaphta oder Schwefelnaphta) sich durch ihre große Flüchtigkeit außerordentlich auszeichnet, so kann man dadurch selbst im heißesten Sommer Wasser in Eis verwandeln.

Herr Waltersdorf füllte eine ganz dünne unten zugeschmolzene Glasröhre, ohngefähr 1 Zoll hoch, mit Wasser an; zugleich brachte er auch ein feines Drähtchen hinein. Darauf befeuchtete er die äußere Fläche der Röhre mit gut rectificirter Naphta, die er aus einer Apotheke hatte holen lassen, und bey dem Befeuchten bewegte er die Röhre immer etwas in der Luft umher. Nachdem er das Bestreichen mit der Naphta einigemal wiederholt hatte, so sah Ferdinand auch schon das Wasser in der Röhre zu Eis erstarrt. Er konnte das Eis mit dem Drähtchen als eine kleine Eisstange herausziehen.

Noch leichter brachte er das Wasser auf folgende Art zum Gefrieren. In ein kleines Gläschen mit einer etwas weiten Oeffnung füllte er Aether, und verband es mit einer Blase, die er einige Mal mit einer Nadel durchstach. Er setzte dieses Gläschen in ein anderes, in welchem etwas Wasser befindlich war. Beyde zusammen setzte er wieder in ein kleines Weinglas, und

dann umschüttete er sie noch mit Aether. So brachte er sie unter die Glocke der Luftpumpe (Th. II. Kap. 22.). So wie er nun nach und nach mit Behutsamkeit die Luft auspumpte, so verdampfte der äußere in dem Weinglase befindliche Aether mit dem in dem innern Glase enthaltenen. Dadurch wurde denn das Wasser in dem zweyten Gläschen so stark erkaltet, daß es sich bald in Eis verwandelte.

Hierher gehört nun auch wieder derjenige Versuch mit dem Verdampfen der Schwefelsäure, fuhr Herr Waltersdorf nach Vollendung jener Experimente fort, wodurch unter der Glocke der Luftpumpe Wasser in einem daneben stehenden flachen Schälchen (Th. II. S. 139.) zum Frieren gebracht wurde.

Drey Engländer ließen einst einen Ofen so heiß machen, daß das Thermometer darin auf 240 Grade Fahrenheit stand, daß das Fleisch darin in einer halben Stunde, und Eyer in 8 Minuten gahr wurden. In diesen Ofen krochen sie hinein und blieben längere

Zeit darin, ohne daß ihnen die Hitze Schaden that. Sie schwitzten nämlich gewaltig; die Schweißhülle aber verdampfte auch eben so schnell wieder und verbrauchte dazu viel Wärmestoff aus dem Körper der Menschen. Diese konnten also die Hitze aushalten, wenn sie auch eben nicht die angenehmsten Gefühle dabey hatten.

Erkalten die Wasserdämpfe, so verliert der Wärmestoff seine ausdehnende Kraft wieder. Alsdann treten die fein aufgelösten Wassertheilchen näher zusammen und kehren wieder in den vorigen tropfbaren Zustand zurück. Diese Verwandlung in Tropfen wird Zersetzung der Wasserdämpfe genannt. Sie kann auch schon, wenigstens der Anfang davon, durch sehr starke Zusammenpressung der Dämpfe, ohne Erkältung, geschehen. Bey der anfangenden Zersetzung nimmt das Fluidium die Gestalt eines sichtbaren Nebels oder einer Wolke an. Nach den Beobachtungen des Saussüre haben die Wassertheilchen, welche die Nebel bilden, die Form kleiner Bläschen, welche

vielleicht mit Luft und anhängendem Wärmestoff gefüllt, auch wohl noch mit kleinen Atmosphären von Wärmestoff umgeben sind, weil sie sich nicht gern unter einander vereinigen.

Einen solchen Nebel sieht man schon bey der Aeolipila oder Dampfkugel (Th. I. S. 105.), wenn aus dem Schnabel derselben die Dämpfe ausströmen. Nahe an der Mündung des Schnabels sieht man bis auf einen Zoll hin nichts von der ausströmenden Flüssigkeit. Von da an aber bemerkt man einen Nebel, der weiter hin immer dichter wird. Hält man die kalte Hand oder einen andern kalten Körper in den Nebel, so hängen sich da augenblicklich Wassertropfen an. Ließe man alle Wasserdämpfe in ein kaltes Gefäß hineinströmen, so würden darin alle Dämpfe wieder in das Wasser verwandelt werden, wovon sie herrührten.

Mit dem Destilliren hat es ganz diese Beschaffenheit. Man schließt eine Flüssigkeit oder eine mit

einer Flüssigkeit verbundene feste Materie in ein eignes Behältniß (den Destillirkolben, oder die Destillirblase) ein, mit welchem eine Röhre zusammenhängt. Diese Röhre (die Kühlröhre) führt man durch kaltes Wasser und verbindet sie am Ende mit einem Sammlungsgefäße (die Vorlage). Wenn man nun unter das erstere Behältniß Feuer anmacht, so verwandelt sich die Flüssigkeit nach und nach in Dämpfe, welche durch die Röhre dringen, in derselben aber abgekühlt und wieder in Tropfen verwandelt werden. Diese Tropfen sammlen sich in dem zweyten Gefäße oder in der Vorlage. Was nicht in Dämpfe verwandelt werden kann, wie z. B. die erdigten Theile in Brunnenwasser, welches man destillirt, und andere feste Theilchen), das bleibt in dem Destillirgefäße zurück. Sind zweyerley Flüssigkeiten mit einander verbunden, wovon die eine mehr, die andere weniger flüchtig ist, wie beym Branntwein, Weingeist und Wasser, so verwandelt sich das flüchtigere Fluidum zuerst in Dämpfe, die man denn

auch zuerst wieder als tropfbare Flüssigkeit in der Vorlage auffängt. Auf diese Art kann man das Flüchtigere von dem weniger Flüchtigen absondern, eine Arbeit, welche die Branntweinbrenner, Likörfabrikanten u. a. cohibiren oder abziehen nennen. — Die Verwandlung fester Körper in Dämpfe wird Sublimation genannt. So sublimirt man z. B. Schwefel, wenn man ihn durch Verbrennen in Dämpfe verwandelt und diese Dämpfe an kalte Körper (z. B. an Wände) anschlagen läßt, wodurch die Schwefelblumen entstehen. So sublimirt man auch zu gleicher Zeit zwey verschiedene Körper, um durch die Vermischung der Dämpfe eine neue Materie zu erhalten; wie z. B. Arsenik und Schwefel sublimirt das Rauschgelb, Quecksilber und Schwefel den Zinnober geben.

Sechs und dreissigstes Kapitel.

Von dem Verdunsten insbesondere und von den Hygrometern.

Durch die Wärme der Sonne wird täglich eine außerordentliche Menge Wasser in Dämpfe verwandelt, welche in die Luft aufsteigen. Setzt man ein offenes Gefäß mit Wasser frey auf den Erdboden, so vermindert sich die Quantität Wasser von Stunde zu Stunde. Endlich verschwindet es ganz, oder, wie man sich ausdrückt, das Wasser vertrocknet. In der Luft erleiden die aufgestiegenen ungemein feinen elastischen Wasserdämpfe sehr oft eine Art von Auflösung, d. h. sie vereinigen sich innigst mit den Lufttheilchen, ohnge-

fähr so, wie sich reines Salz im Wasser auflößt oder wie sich dann die Salztheilchen mit den Wassertheilchen vereinigen.

Im tropfbaren Zustande wird das Wasser nie von der Luft aufgelöst, sondern nur im dampfförmigen. Ist aber die Auflösung in der Luft vollkommen geschehen, so erscheint die Atmosphäre trocken und durchsichtig. Die vollkommene Klarheit und Durchsichtigkeit der Atmosphäre ist daher keinesweges ein Beweis, daß nicht viele Wassertheilchen in der Luft sich befinden. Im Gegentheil kann sie eine außerordentliche Menge Wassertheilchen in sich enthalten, nur sind diese dann innigst mit den Lufttheilchen vereinigt.

Der Zustand der Luft, welche die Dunsttheilchen mittelst einer eignen Ziehkraft an sich hält, kann aber durch mancherley Umstände so verändert werden, daß sie die Dunsttheilchen wieder fahren läßt, die dann in der Luft wieder in sichtbarer Gestalt, als Nebel oder Wolke, erscheinen. Dies kann nicht blos durch Ver-

minderung der Ziehkraft der Luft geschehen, sondern auch durch Zunehmen der Capacität der Luft für den Wärmestoff. In letztern Falle reißt die Luft noch benachbarten Wärmestoff und zwar den Wärmestoff der anschließenden Dunsttheilchen an sich. Verlieren nun die Dunsttheilchen den Wärmestoff, welchen sie ihre Dampfgestalt verdankten, so müssen sie wieder näher zusammentreten und Bläschen oder auch kleine solide Tropfen bilden, welche sich durch ihr Gewicht nicht mehr in der Höhe erhalten können, sondern als Regen herabfallen.

Auf diese Weise ist der Himmel in einer Stunde oft noch durchaus klar und hell, in der andern ist er überall mit Wolken bezogen. Die Trennung der Wassertheilchen von den Lufttheilchen kann in der Atmosphäre durch irgend einen Umstand oft sehr plötzlich, ja fast augenblicklich geschehen.

Wir sehen aber auch oft wieder Wolken verschwinden, ohne daß sie ihr Wasser durch Regen verloren

haben. Die Ziehkraft der Lufttheilchen kann nämlich plötzlich wieder zunehmen oder ihre Capacität f r den Wärmestoff kann plötzlich abnehmen. Im erstern Falle werden sie dann die Wassertheilchen wieder innigst an sich fest halten, im andern Falle werden sie wieder Wärmestoff fahren lassen, der sich nach den Wass rtheilchen hinbegiebt und diese mehr ausdehnt Durch beyde Fälle wird wieder eine genaue Auflösung der Dunsttheilchen in der Luft bewirkt.

Wenn die Wasserdünste nicht vollkommen genau in der Luft aufgelöst sind, so hängen sie sich leicht an manche Körper an, machen diese naß und verändern die Dimensionen oder das Gewicht derselben. Solche Körper sind unter andern: Seile, Darmsaiten, Papier, Elfenbein, Haare, Holz, Fischbein, trockne Pflanzen, Thon u. s. w. Man nennt sie hygroskopische Körper oder hygroskopische Substanzen. Aus ihnen macht man Hygrometer, Hygroskope oder diejenigen Werkzeuge, welche den verschiede-

nen Grad der Feuchtigkeit oder Trockenheit der Luft anzeigen sollen. Nun hängen sich aber die Wassertheilchen in dem Zustande der völligen Auflösung in der Luft nicht an jene Körper an, sondern nur dann, wenn sie dunstförmig sind, und wenn die Anziehungskraft jener hygroskopischen Körper zum Wasser stärker ist, als die Kraft, womit die Wassertheilchen in der Luft selbst angezogen werden. Dadurch wird der Gebrauch der Hygrometer freylich sehr eingeschränkt. Indessen gehören sie doch immer, besonders seit den Verbesserungen, welche die berühmten Naturforscher Saussüre und de Lüc damit vorgenommen haben, unter die nützlichsten physikalischen Werkzeuge.

Klebt man zwischen zwey Stäben einen Streifen Papier fest, so hat man schon ein sehr einfaches Hygrometer. Bey feuchter Luft wird sich dieser Streifen ausdehnen und einen Bogen bilden; bey trockner Luft hingegen wird er sich anspannen. Stricke und Darmsaiten drehen sich durch Feuchtigkeit auseinander;

durch Trockenheit ziehen sich ihre Stränge wieder nach der entgegengesetzten Richtung herum. Sucht man diese mit einer Bewegung verknüpfte Veränderung der Stricke und Darmsaiten durch einen Zeiger bemerkbar zu machen, so hat man wieder eine Art Hygrometer.

Herr Waltersdorf zeigte mehrere Spielereyen, welche sich auf diese Veränderung der Stricke und Darmsaiten gründeten, z. B. eine Höhle mit einem Fuchse, der bey trockner Luft zum Vorschein kam, bey feuchter Luft sich in der Höhle verbarg; ein kleines Häuschen mit einem Herrn und mit einer Dame, wovon der Herr bey feuchter Luft mit einem Regenschirme, die Dame bey trockner Luft mit einem Sonnenschirme hervor kam; u. d. gl. Mit diesen Vorrichtungen hatte es folgende Bewandniß. An einer Darmsaite a b Fig. 3. Taf. II. hängt eine hölzerne Scheibe b. Auf dieser Scheibe sitzt nahe an der Peripherie der Fuchs, oder an zwey gegenüber liegenden Stellen derselben stehen der Herr und die Dame. Das andere Ende der

Darmsaite ist so unter die Höhle oder unter das Häuschen befestigt, daß der Fuchs sich in die Höhle zieht, wenn die Darmsaite durch Feuchtigkeit sich etwas auseinander dreht, und daß er vor die Oeffnung der Höhle kommt, wenn sich die Darmsaite durch Trockenheit wieder zusammendreht. Auf gleiche Art kommt durch Feuchtigkeit der Herr mit dem Regenschirme, durch Trockenheit die Dame mit dem Sonnenschirme vor die Thür des Häuschens.

Daß solche Hygrometer zum ernsten Gebrauch höchst mangelhaft waren, ist leicht einzusehen. Wie trefflich war dagegen das Fischbein-Hygrometer des de Luc und das Haar-Hygrometer des Saussüre! Das erstere ist so eingerichtet: Fig. 1. Taf. II. Ein nach der Quere geschnittener, dünn abgezogener Fischbeinstreifen ab, ohngefähr von 6 Zoll Länge, ist mit dem einen Ende b unten in einen Theil des Gestelles festgeklemmt, mit dem andern Ende a aber an ein Stückchen feinen Draht geknüpft, der an

dem Umfange des messingenen Röllchens c sich befindet. Dieses Röllchen hat sehr feine stählerne Zäpfchen, wovon der eine über einem Zifferringe einen leichten Zeiger trägt. Von derjenigen Seite des Röllchens, welche dem Fischbeinstreifen gegenüber liegt, hängt an einem Pferdehaare d e ein kleines Gegengewicht e herab. Wenn sich nun der Fischbeinstreifen durch Feuchtigkeit verlängert, so bekommt das Gegengewicht e Freyheit zu sinken, es sinkt wirklich, zieht das Röllchen c nach sich und dann muß auch der Zeiger nach der Richtung von 30 bis 40 sich herumbewegen, und zwar um so mehr, je größer die an den Fischbeinstreifen sich angesetzte Feuchtigkeit, folglich je größer die Verlängerung des Streifens selbst ist. Durch Trockenheit wird der Fischbeinstreifen verkürzt und dann geschieht die Bewegung des Röllchens und des Zeigers nach der andern Richtung hin, von 30 nach 20.

Bey der Einrichtung dieses Hygrometers kam es nun vorzüglich noch darauf an, ein Paar fixe Punkte

auf dem Zifferblatte zu bestimmen, wonach man die Grade des Instruments einrichten konnte. De Lüc schloß das Instrument Wochen lang in ein messingenes Behältniß ein, in welches er gebrannten ungelöschten Kalk that, der alle Feuchtigkeit der Luft in dem Behältnisse an sich riß. Da kam denn der Zeiger weit herum auf eine Stelle, wo er endlich stehen blieb. An diese Stelle setzte er das Null hin; und so hatte er den Punkt der größten Trockenheit. Nun tauchte er das Instrument ganz unter Wasser. Der Zeiger bewegte sich bald nach der andern Richtung herum und blieb endlich wieder auf einem Punkte stehen, den de Lüc Punkt der größten Nässe nannte. Er setzte an diesen Punkt 100; den Cirkelbogen von 0 bis 100 theilte er in 100 gleiche Theile oder Hygrometergrade.

Ein solches Hygrometer ist nun sehr empfindlich für die Feuchtigkeit. Nur ein leiser Hauch bewirkt schon, daß der Zeiger sich etwas fortbewegt. Ueberhaupt giebt ein Fischbeinstreifen von 8 Zoll Länge zwi-

schen den Punkten der größten Trockenheit und Nässe einen Unterschied von einem ganzen Zoll.

Das Haar-Hygrometer des Saussüre ist im Ganzen eben so eingerichtet, als das Fischbein-Hygrometer. Man bekommt dasselbe Instrument mit Röllchen, Gegengewicht, Zifferblatt, Zeiger rc., wenn man statt jenes Streifens Fischbein, ein in einer Auflösung von Sodasalz und Wasser gekochtes weiches, nicht krauses und wo möglich blondes Menschenhaar nimmt. Saussüre bestimmte aber für sein Zifferblatt den Punkt der größten Feuchtigkeit nicht eben so wie de Lüc, sondern durch Hineinsetzen des Instruments in eine inwendig mit Wasser besprengte Glocke; den Punkt der größten Trockenheit durch Hineinhalten des Instruments in eine gläserne Glocke, worin glühende Bleche mit geglühten Pulvern aus Salpeter und rohem Weinstein sich befanden. — Daß sowohl Haar- als Fischbein-Hygrometer wegen der leichten Zerbrechbarkeit der hygroskopischen Substanz sehr mühsam zu ver-

fertigen sind, und viele Sorgfalt bey der Bearbeitung und Regulirung erfordern, kann man leicht denken.

Der geschickte Petersburger Chemiker Lowitz fand im Jahr 1772 zu Astrachan auf einem Spaziergange an den Ufern der Wolga einen blauen Thonschiefer, welcher die Feuchtigkeit in so hohem Grade an sich zog, daß ihn Lowitz kaum wieder von der Zunge losmachen konnte, an die er ihn gehalten hatte. Er gerieth hierdurch auf den Gedanken, ein Hygrometer daraus zu machen. In dieser Absicht schliff er zarte dünne Scheiben aus dem Schiefer, ohngefähr $3\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser und $\frac{1}{3}$ Linie dick. Eine solche Scheibe brachte er an den Arm einer sehr empfindlichen Waage und setzte sie durch ein Gewichtchen am andern Arme in's Gleichgewicht. Trocken gebrannt wog die Scheibe 175 Gran, im Wasser gesättigt aber 247 Gran, so daß sie folglich in der größten Nässe 72 Gran Wasser in sich eingesogen hatte. Da es nun beschwerlich wäre, bey jeder Veränderung der Luft Grane zu- oder

herauszulegen, um dadurch das Wachsthum oder die Abnahme der Feuchtigkeit zu bestimmen, so brachte Lowitz an seiner Waage selbst einen Maaßstab von 72 Abtheilungen an, welcher die Stelle der 72 Grane vertrat und sich immer von selbst in's Gleichgewicht stellte. Dieser Maaßstab bestand aus einem festgestellten graduirten messingenen Bogen, über den das Züngelchen des Waagbalkens hinspielte. Sank die hygroskopische Scheibe durch eingesogene Feuchtigkeit, so ging das Züngelchen mit nach dieser Richtung hin, und gab auf dem Maaßstabe die Stärke des Sinkens an; stieg sie durch verminderte Feuchtigkeit, so bewegte sich auch das Züngelchen (welches als Zeiger diente) mit nach derselben Richtung hin.

Sieben und dreissigstes Kapitel.

Vom Lichte im Allgemeinen.

Wenn die Sonne über den Horizont herauftritt, begann Herr Waltersdorf in der nächsten Stunde, so giebt uns unser Auge die Empfindung von einer Menge Gegenständen, die um uns herum wirklich anzutreffen sind. Dasselbe geschieht, freylich in weit geringerm Grade, wenn der Mond scheint, wenn Körper mit einer Flamme brennen u. d. gl. Es muß also zwischen uns und den Gegenständen Etwas seyn, durch dessen Einwirkung auf unser Gesichtsorgan die eigenthümliche Empfindung in uns bewirkt wird, welche

wir Sehen nennen. Dieses Etwas nennen wir Licht, Lichtmaterie oder Lichtstoff. Von der Luft kann es nicht herrühren, denn wir sehen ja auch Körper, welche sich in einem völlig luftleeren Raume befinden.

Die große Frage: worin besteht das Licht, und auf welche Art wirkt es auf unser Gesichtsorgan? hat bis jetzt noch nicht mit völlig überzeugender Gewißheit beantwortet werden können. Nimmt man einen materiellen Stoff an, welcher aus der Sonne, aus der Lichtflamme und überhaupt aus denjenigen Körpern ausströmt, durch deren Daseyn oder Herbeykommen das Sehen bewirkt wird, so kann man sich alle nachfolgende Erscheinungen am besten und ungekünsteltsten erklären. Ein solcher Stoff muß äußerst subtil seyn; denn wenn man z B. auf einem Thurme steht, und das Auge vor die kleinste mit einer Nadel gestochene Oeffnung eines Kartenblatts hält, so kann man ja die ganze Stadt übersehen. Die von allen Gegenständen, welche man bemerkt, hinwegströmende Lichtma-

terie muß also durch das kleine Loch hindurch, und darf sich dabey ganz und gar nicht verwirren. Wären tausend Menschen auf dem Thurme und sähen auf eben die Art durch die sehr kleine Oeffnung eines Kartenblatts, so würden alle tausend Menschen dieselben Gegenstände wahrnehmen.

Daß das Licht als etwas Materielles wirkt, möchte sich wohl aus folgenden Erscheinungen ergeben. In der Regel sind alle Pflanzen weiß und bleich, so lange sie nicht in's Licht kommen, auch wenn man sie in der ihnen angemessenen Wärme erhält. Zwar hat der berühmte Herr von Humboldt auf seinen Reisen einmal unter der Erde Klee, Flechten und andere Pflanzen mit grüner Farbe entdeckt; aber wahrscheinlich rührte diese Farbe ebenfalls vom Lichte her, welches aus gewissen Stoffen, die Licht enthielten, z. B. aus gewissen Luftarten, gezogen seyn konnte. Gewisse Pflanzen drehen sich stets nach der Sonne. Gießt man Weingeist auf Kirsch- Feigen- oder Hollunderblätter,

so erhält man eine grüne Tinktur, welche im Sonnenlichte binnen 20 Stunden ihre Farbe verliert, in der bloßen Wärme aber keinesweges; u. d. gl. m.

Wir wollen also das Licht immerhin als eine eigenthümliche, äußerst feine aus gewissen Körpern hinwegströmende Materie ansehen. Da es so ungemein subtil ist, so subtil, daß es durch keine unserer Waagen, auch bey dem dichtesten Zusammendrängen nicht, bestimmt werden kann, so ist die Abnahme desselben nie an einem Körper zu verspüren, von welchem es hinwegströmt. Man vergleiche solche Körper, von welchen sich Licht nach vielen Gegenden hin verbreitet, nur mit einem kleinen Stücke Moschus, welches eine Menge riechender Theilchen verliert, ohne daß es dadurch einen Verlust am Gewicht erleidet. Z. B. unter Briefe gelegt, leidet es keine Abnahme, und doch riechen die Briefe noch nach zehn Jahren darnach. Vergleicht man nun gar ein solches Stück Moschus mit der Licht verbreitenden Sonne und man will auch wirklich eine

Abnahme der Sonne zugeben, so würden doch wohl Millionen Jahre darauf hingehen, ehe eine solche Abnahme bemerklich wäre, weil die Sonne (ihrem körperlichen Inhalte nach) über eine Million mal größer ist, als die Erde. Außerdem kann ja die Sonne auch wieder von andern Körpern einen Zufluß von Licht erhalten, z. B. von andern Fixsternen. Und wer weiß, ob die Sonne nicht eben so, wie die Johanniswürmchen oder wie andere selbst leuchtende Insekten ihr Licht beständig entwickelt, so daß in jedem Augenblicke neues Licht an die Stelle des abgegangenen tritt!

Das Sonnenlicht erwärmt. Hierbey kann man wieder die Frage aufstellen: ob deswegen wohl das Sonnenlicht selbst warm seyn müsse? Dreist kann man diese Frage mit Nein beantworten. Licht und Wärme sind zwey ganz verschiedene Sachen. Durch eine starke Erhitzung kann allerdings Licht entwickelt oder hervorgelockt werden; und so kann auch ein starkes Licht allerdings Wärme erzeugen, z. B. das Sonnen-

licht, indem es Körper gewaltsam trifft oder eine Materie (z. B. die Luft) gewaltsam erschüttert. Von dem Lichte, welches uns der Mond zuschickt, spüren wir keine Erwärmung; faules Holz, manche Insekten und andere Körper leuchten, ohne daß sie zugleich im mindesten Wärme verbreiten. Also kann man wohl annehmen, daß Licht und Wärme gerade nicht brauchen mit einander verbunden zu seyn.

Wenn Körper auf ihrer Oberfläche mit Licht erfüllt sind, so sagt man, sie sind erhellt; im Gegentheil sagt man, sie sind dunkel. Im letztern Falle kann man sie nicht sehen, weil dasjenige fehlt, was die Empfindung derselben in unserm Auge erzeugt. Von den hellen Körpern haben manche ein eignes Licht, vermöge welchem wir sie sehen, wie z. B. die Sonne, alle Fixsterne, die Lichtflamme, Phosphor, faules Holz, mehrere todte Fische, die Johanniswürmchen und verschiedene andere Insekten, die Irrlichter, Sternschnuppen rc.; diese heißen urspünglich leuch-

tende Körper. Die meisten aber haben nur ein erborgtes Licht, ein Licht, welches sie von jenem ursprünglich leuchtenden Körpern empfingen, wie der Mond, alle Planeten, die Wände, Häuser, Bäume und fast alle Gegenstände auf der Erde, welche wir nur sehen, wenn sie von der Sonne, von der Lichtflamme ꝛc. beschienen sind; diese nennt man erleuchtete Körper oder dunkle Körper.

Nun giebt es aber auch Körper, welche die Eigenschaft haben, nach einer empfangenen hinlänglich starken Erleuchtung, im Dunkeln noch eine längere oder kürzere Zeit hindurch fortzuleuchten. Man nennt sie Lichtsauger, Lichtträger, Lichtmagnete, weil sie eine Quantität Lichtmaterie gleichsam eingeschluckt hatten, und diese nach und nach wieder fortströmen ließen. Dahin gehört z. B. der im Jahr 1630 von dem italienischen Schuster Cascariolo entdeckte Bononische Stein, ein Schwerspath, der gelinde geglüht und dem Tageslichte ausgesetzt, im Dun-

keln eine Zeit lang fortleuchtet. Dasselbe thut der Balduinsche Phosphor, eine von dem Amtmann Balduin zu Großenhain in Sachsen im Jahr 1675 zuerst zubereitete durchglühte salpetersaure Kalkerde; ferner mehrere andere sogenannte Phosphorarten, durchglühte Austerschaalen u. d. gl.

Körper, die ein schwaches Licht besitzen, leuchten nur im Dunkeln. Bringt man sie in das Sonnenlicht, oder in ein anderes starkes Licht, so erscheinen sie ohne Helligkeit, weil dann ihr schwaches Licht von jenem starken Lichte gleichsam überwältigt wird, oder weil ihr weniges Licht in der großen Summe von anderm Lichte sich gleichsam verliert. Dieses ist mit den verschiedenen Phosphorarten der Fall (welche wir erst in der Folge näher kennen lernen), mit dem faulen Holze, mit faulen Fischen, mit den leuchtenden Insekten rc. Aus demselben Grunde sieht man auch am Tage die Sterne nicht.

Das Licht, welches dunkle Körper, wie z. B. der Mond, alle auf der Erde befindliche, von der Sonne beschienene Körper ꝛc. uns zusenden, wird zurückgeworfenes oder reflectirtes Licht genannt. Indessen werfen nicht alle dunkle Körper das Licht zurück; viele lassen es mehr oder weniger durch sich hindurchgehen. Solche Körper nennt man durchsichtige oder transparente Körper. Es giebt aber auch Körper, welche wenig oder gar kein Licht zurückwerfen und doch auch nicht durchsichtig sind. Diese heißen schwarze Körper. Sie scheinen das auffallende Licht einzuschlucken oder sonst für unsere Augen verschwindend zu machen. Fast alle Körper enthalten auf ihrer Oberfläche Stellen, welche das auffallende Licht nicht zurückwerfen. Ganz schwarze Körper sieht man nicht, (weil sie kein Licht zu unserm Auge schicken); man erkennt ihr Daseyn blos an ihrer erleuchteten Umgebung.

Die Lichttheilchen strömen von einem leuchtenden Körper nach allen Seiten hin. Eine ununterbrochene Reihe hinter einander liegender Lichttheilchen nennt man einen Lichtstrahl. Denkt man sich nämlich den leuchtenden Körper als einen Punkt, so kann man ihn als den Mittelpunkt einer Kugel betrachten, in welcher das Licht eine unendliche Menge Halbmesser oder Strahlen bildet. Beym weitern Fortgange des Lichts laufen diese Strahlen immer weiter aus einander. Daß die Lichtstrahlen gerade Linien sind, oder daß sich das Licht in gerader Linie fortbewegt, ist durch Beobachtungen und Versuche hinlänglich erwiesen. Läßt man z. B. das Licht der Sonne durch eine kleine Oeffnung in ein verfinstertes Zimmer fallen, so bildet die Erleuchtung der hinter einander liegenden Lufttheilchen eine gerade Linie. Auch kann man erleuchtete Gegenstände nie wahrnehmen, wenn die gerade Linie zwischen ihnen und unsern Augen unterbrochen ist. Indessen folgt hieraus (wie die Folge zeigen wird)

keinesweges, daß wir nur dann einen Gegenstand wahrnehmen, wenn sich von demselben nach unsern Augen hin eine von keinem undurchsichtigen Körper unterbrochene gerade Linie ziehen läßt. Denn der gerade Fortgang der Lichtstrahlen kann auch abgeändert werden und wird auch sehr oft in allerley durchsichtigen Materien abgeändert.

Fängt man einen Theil der Lichtstrahlen, die von dem leuchtenden Körper herkommen, mit einer Ebene auf, so bilden diese aufgefangenen Lichtstrahlen zusammen einen Strahlenkörper, dessen Gestalt von der Figur jener Ebene abhängt, der z. B. eine Strahlenpyramide oder ein Strahlenkegel seyn kann. Ist a Fig. 4. Taf. II. ein leuchtender Punkt, b eine viereckigte Fläche, so entsteht durch die auffallenden Strahlen eine viereckigte Strahlenpyramide. Ist f eine kreisrunde Fläche, so bilden die Strahlen, welche darauf fallen, einen Strahlen-Kegel. Man betrachte bey diesem nur die äußersten Strahlen ak, al;

bey der Pyramide die äußersten Strahlen am, an. Rückt man die Fläche b oder f weiter hinweg nach c, so nimmt natürlich die Erleuchtung dieser Fläche ab, und zwar desto mehr, je weiter man sie von dem leuchtenden Punkte hinwegrückt. Der Strahl am geht dann nach d, der Strahl an nach e, also vor der Fläche c vorbey. Dasselbe thun noch viele andere Strahlen. Blos ao und ap mit den dazwischen liegenden Strahlen fallen auf die Fläche. Denkt man sich nun mehrere Flächen, welche der Fläche b oder f ähnlich und mit derselben parallel sind, in zweyfacher, dreyfacher, vierfacher oder mehrfacher Entfernung vor den leuchtenden Punkt gesetzt, und zwar so, daß die zweyte Fläche alle Strahlen auffängt, welche vorher die erste auffing, die dritte, auch alle Strahlen ꝛc.; so wird die zweyte in der doppelten Entfernung stehende Fläche viermal größer seyn, als die erste in der einfachen Entfernung, die dritte in der dreyfachen Entfernung neunmal größer, die vierte sechszehnmal größer ꝛc., wie

man in der Mathematik leicht beweisen kann. Verbreitet sich nun eine Summe von Licht auf einer viermal größern Fläche, so muß das Licht auf derselben auch viermal lockerer oder schwächer seyn; verbreitet es sich auf einer neunmal größern Fläche, so muß es da neunmal schwächer seyn ꝛc. Deswegen sagt man: die Stärke des Lichts nimmt ab, wie das Quadrat der Entfernung wächst, d. h. die Helligkeit, welche ein leuchtender Körper auf einer gewissen Fläche macht, vermindert sich in eben dem Maaße, wie das Quadrat der Entfernung dieser Fläche von dem leuchtenden Körper zunimmt. Kann man also in der Entfernung eines Fußes vom Lichte recht deutlich lesen, so muß man in der doppelten Entfernung vier Lichter, in der dreyfachen neun Lichter anzünden, wenn man noch eben so deutlich will lesen können.

Hieraus ist nun auch klar, warum man einen Stern, der eben so groß und so glänzend als die Sonne ist, am Tage nicht zu sehen vermag. Ist ein sol-

cher Stern etwa 400,000 mal weiter von uns entfernt, als die Sonne, so wird sein Licht bey uns 400,000 mal 400,000, d. i. 160,000 Millionen mal schwächer seyn, als das Licht der Sonne. Man braucht sich daher nicht mehr zu verwundern, daß das Licht des Sterns gegen das Sonnenlicht ganz verschwindet.

Wenn Lichtstrahlen schief auf eine Fläche fallen, so werden von einerley strahlendem Punkte bey gleicher Entfernung nicht blos weniger Lichtstrahlen auf die Fläche kommen, als wenn sie unter rechten Winkeln einfielen, sondern diese Strahlen werden auch nach den Regeln des Stoßes (Th. I. S. 215 f.) weniger kräftig die Fläche treffen und schief wieder abfahren. Wäre f Fig. 5. Taf. II. ein leuchtender Körper, welcher Strahlen auf die Fläche ab schickt, so sieht man, daß viele von den Strahlen, welche jetzt die Fläche treffen, über dieselbe hinaus kommen und auch schief auffallen werden, wenn man die Fläche in die Lage ac bringt. Hält man ein Stück Papier gerade gegen das Licht,

oder so, daß die meisten Lichtstrahlen senkrecht auffallen müssen, so ist das Papier am hellesten. Neigt man es, so wird es dunkler und zwar desto dunkler, je mehr man es neigt.

So wie jeder feste Körper, welcher schief gegen ein Hinderniß trifft, auch unter denselben schiefen Winkel nach der andern Gegend hin wieder zurückprallt, dadurch einen Theil seiner Gewalt verliert und zwar desto mehr davon verliert, je schiefer er auffällt; so ist dieses auch mit den schief auffallenden Sonnenstrahlen der Fall. Deswegen erwärmt die Sonne den Erdboden im Winter lange nicht so sehr, wie im Sommer. Ist aber im Winter irgend eine Fläche so gegen die auf den horizontalen Boden schief auffallenden Sonnenstrahlen gerichtet, daß sie senkrecht auf die Fläche fallen müssen, so wirken auch die Strahlen wieder kräftig auf die Fläche. Eine solche Richtung gegen die Sonnenstrahlen haben z. B. im Winter die nach Mittag hinliegenden Dächer, Abdachungen von Wällen u. d. gl.

Daher schmilzt der Schnee auf denselben sehr leicht hinweg; daher wird eine solche Fläche im Winter bey Sonnenschein oft brennend heiß rc.

Die Schnelligkeit, womit sich das Licht fortpflanzt, ist außerordentlich groß; sie ist so groß, daß man sie für jede Entfernung auf der Erde als augenblicklich annehmen kann. Unendlich ist sie aber doch keinesweges. Dies wird man ganz überzeugend gewahr, sobald man sie mit sehr großen Entfernungen in dem unermeßlichen Weltraume vergleicht. Der Däne Römer war der erste, welcher im Jahr 1675 aus den Verfinsterungen der Jupiterstrabanten (der Monden oder Begleiter des Planeten Jupiter) die Entdeckung machte, daß das Licht bey seiner Fortpflanzung in einer Sekunde einen Weg von 40,000 Meilen zurücklegt, daß das Sonnenlicht, um bis zur Erde (durch eine Entfernung von 21 Millionen Meilen) zu kommen, $7\frac{1}{2}$ bis 8 Minuten Zeit gebraucht, und daß sich mithin die Geschwindigkeit des Lichts zur Geschwindigkeit

des Schalls wie 976000 zu 1 verhält. Diese Entdeckung ist in der Folge von andern Astronomen bestätigt worden.

Der Planet Jupiter hat bekanntlich einen kleinern Durchmesser als die Sonne. Daher ist sein Schatten, den er, von der Sonne beschienen, hinter sich wirft, kegelförmig, wie ich bald näher erläutern werde. Der Kreis, welcher seinen erleuchteten Theil von seinem dunkeln trennt, ist die Grundfläche dieses kegelförmigen Schattens. Die Trabanten, welche sich um ihren Hauptplaneten drehen, treten nach und nach in diesen Schatten, und verlassen ihn eben so wieder, so daß ihr erhellter Theil selbst dunkel wird und nach Verhältniß verschwindet, wie sich die Trabanten tiefer in jenen Schattenkegel versenken. In dem Augenblicke aber, wo sie sich frey davon machen, erscheint der erhellte Theil wieder. Gesetzt, die Erde nähere sich ihrer Zusammenkunft mit dem Jupiter, d h. dem Punkte, wo sie sie sich in einer geraden Linie zwischen diesem Pla-

neten und der Sonne befindet; alsdann werden zwischen dem Ende einer Verfinsterung des ersten Jupiterstrabanten und dem der folgenden Verfinsterung ohngefähr $42\frac{1}{2}$ Stunden verstreichen. Jetzt wollen wir einmal annehmen, die Erde hätte sich, indem sie die Hälfte ihrer Bahn durchläuft, in die Opposition, d. h. in den Punkt gestellt, wo sie in Beziehung auf den Jupiter hinter der Sonne sich befindet. Hätte nun das Licht keine fortschreitende Bewegung, folglich keine Geschwindigkeit, so würde ein auf der Erde befindlicher Beobachter den ersten Jupiterstrabanten nach so viel mal $42\frac{1}{2}$ Stunden aus dem Schatten treten sehen, als hier seit dem Augenblicke der Conjunction oder der Zusammenkunft mit dem Jupiter Verfinsterungen statt fanden. So ist es aber nicht. Der Beobachter sieht vielmehr in diesem Falle das Ende der Finsterniß ohngefähr 16 Minuten später, als die Rechnung angiebt; und wirklich nimmt die Differenz bey allen solchen Zwischenstellungen immer bis an diese Gränze zu. Der

Beobachter befindet sich dann von seiner erstern Stellung an in einer Distanz, welche dem Durchmesser der von ihm halb durchlaufenen Erdbahn, etwa 42 Millionen Meilen, gleich ist. Hieraus hat man nun den Schluß gezogen, das Licht brauche 16 Minuten Zeit, um jene Entfernung zu durchlaufen, welches ohngefähr 40,000 Meilen in einer Sekunde beträgt. So gelangt denn das Licht, welches unmittelbar von der Sonne zu uns kommt, erst nach Verlauf von 8 Minuten zu unserm Auge.

Herr Waltersdorf zündete einen Fidibus an und bewegte ihn mit der Hand schnell in einem Kreise herum. Da bildete denn der glühende Theil des Papiers einen ununterbrochen glühenden Kreis. Noch besser nahm sich das Experiment aus, als Herr Waltersdorf eine glühende Kohle an einen Haspel befestigt hatte, den er dann schnell umdrehte. Auch ein Stück Kreide, an einen Bindfaden gebunden, den man schnell herumschwang, bildete

einen ununterbrochen hellen Kreis. Auf Feuerräder, die durch ähnliche Umdrehungen gebildet werden, machte bey dieser Gelegenheit unser unermüdete Lehrer ebenfalls seinen Schüler aufmerksam.

Die Ursache von dieser Erscheinung kann natürlich blos in dem Eindrucke liegen, den das Licht auf unser Auge macht. Dieser Eindruck dauert nämlich immer noch eine kurze Zeit, nach Segners Versuchen noch eine halbe Sekunde lang fort, wenn gleich der leuchtende Körper nicht mehr an derselben Stelle sich befindet. Ist d ein leuchtender Körper, der an dem Faden dc hängt, welcher um c geschwungen wird, so macht die punktirte krumme Linie jenen leuchtenden Kreis bemerklich. Dieser ununterbrochen helle Kreis muß von uns gesehen werden, wenn eine ganze Umdrehung des Körpers nicht über eine halbe Sekunde dauert. Hat nämlich der Körper einen Viertelskreis, einen halben Kreis, einen Dreyviertelskreis ꝛc. durchwandert, so ist an jeder Stelle immer noch der vorige

Eindruck des Lichts in unserm Auge; z. B. an der Gränze des Dreyviertelskreises haben wir immer noch den Licht-Eindruck von allen vorigen Stellen, von der Stelle des halben Kreises, des Viertelskreises ꝛc. Die Summe dieser Eindrücke an jeder Stelle des Kreises bildet den ganzen leuchtenden Kreis. Legt man ein durchlöchertes Blech ruhig auf ein bedrucktes oder beschriebenes Blatt Papier, so kann man nichts lesen. Fährt man aber mit dem Bleche schnell auf dem Papiere hin und her, so kann man wirklich das Lesen verrichten; und zwar aus demselben Grunde, weil von allen denjenigen Buchstaben, über welche die kleinen Oeffnungen des Blechs schnell hinweggehen, ein ununterbrochener Eindruck in unserm Auge bleibt.

Weil es gegen die Natur der Lichtstrahlen ist, sich zu krümmen, weil sich die Lichtstrahlen vielmehr in gerader Linie fort verbreiten, so kann ein leuchtender Körper, der vor einem dunklen steht, nicht auch die hintere Seite dieses dunkeln Körpers erhellen. Es

bleibt folglich hinter dem dunkeln Körper ein Raum, an welchem die Lichtstrahlen vorbeyschießen. Dieser nicht erhellte Raum wird Schatten genannt. Wenn z. B. ab Fig. 6. Taf. II. ein aufgerichteter dunkler undurchsichtiger Körper ist, und vor ihm ein leuchtender Körper f sich befindet, so schickt dieser nach allen Richtungen Strahlen fort; folglich kommen auch Strahlen vorn auf die Fläche ab. Hinter ab bleibt ein Raum abc, in welchen kein von f kommender Strahl gelangen kann. Er ist also ein Schatten, und zwar ein voller Schatten oder Kernschatten. An diesen Schatten gränzt aber noch ein Raum bdc, den zwar nicht alle, aber doch einige von f herkommende Strahlen treffen, z. B. die Strahlen, die von der obersten Stelle des leuchtenden Körpers herbeyschießen. Er heißt deswegen Halbschatten. Die äußersten Strahlen fd und fc begränzen den Halbschatten.

Die Gestalt des Kernschattens hängt nicht blos von der Gestalt des beschienenen dunkeln Körpers ab,

sondern auch von der Größe und Stellung des leuchtenden Körpers gegen den dunkeln. Der Schatten hinter einem Menschen hat die Umrisse des Menschen, der Schatten eines Baumes, Hauses ꝛc. die Umrisse des Baumes, Hauses ꝛc. Wenn leuchtender und erleuchteter Körper Kugeln sind, so ist der Schatten des letztern entweder cylinderförmig oder kegelförmig. Cylinderförmig ist der Schatten nur dann, wenn die beyden Kugeln, wie a und b Fig. 7. Taf. II. gleich groß sind. Ist die dunkle Kugel b Fig. 8. größer als die leuchtende a, so ist der Schatten c kegelförmig, und zwar ist dann die Basis des Kegels von den Kugeln abwärts gekehrt, die Spitze aber liegt nach dem leuchtenden Körper zu. Ist hingegen die dunkle Kugel b Fig. 9. kleiner als die leuchtende a, so hat der Schatten c zwar auch die Gestalt eines Kegels, aber eines solchen, dessen Spitze von den Kugeln abgekehrt ist, und dessen Basis in dem leuchtenden Körper liegt. Die letztere Gestalt hat der Erdschatten, weil die Erde

(die dunkle Kugel) kleiner als die Sonne (die leuchtende Kugel) ist. — Bey Fig. 7. sieht man auf beyden Seiten des Kernschattens c den Halbschatten d. Strahlen von f können z. B. wohl in den untern Raum d gelangen, aber keine Strahlen von g; und umgekehrt können wohl Strahlen von g in den obern Raum d gelangen, aber keine Strahlen von f. Daher können die Räume d und d nicht so dunkel wie der Raum c, aber auch nicht so hell seyn, als alle Räume jenseits der äußern Gränzen von d.

Fängt man den Schatten c Fig. 7-9. senkrecht mit einer Ebene auf, so zeigt sich der Schatten auf der Ebene von der Gestalt eines Kreises. Betrachten wir überhaupt den Schatten auf einer, hinter irgend einem dunklen Körper befindlichen Fläche, so sieht er da eben so aus, als der Schnitt, den man mit einer Ebene durch den Kernschatten, d. h. durch den körperlichen Raum macht, welcher den vollen Schatten vorstellt. Hieraus folgt dann, daß der Schatten auf einer

Ebene hinter den Kugeln b Fig. 7 = 9. ein Kreis seyn muß. Der Schattenkegel Fig. 8. und 9. kann aber auch eine solche Stellung haben, daß der senkrechte Durchschnitt mit einer Ebene eine Ellipse oder eine Parabel oder ein anderer Kegelschnitt ist.

Acht und dreissigstes Kapitel.

Von der Größe der Gegenstände, welche wir sehen.

Wenn du dir, lieber Ferdinand, irgend einen Gegenstand denkst, z. B. einen Menschen, einen Baum, einen Thurm 2c., so siehst du ihn, seiner Größe nach, immer zwischen Linien, welche du von seinen Gränzpunkten nach deinen Augen ziehst. Ist ab Fig. 1.

Taf. III. ein aufgerichteter Gegenstand (ein Mensch, ein Pfahl, ein Thurm u. d. gl.), und du hast dein Auge in c, so siehst du diesen Gegenstand, seiner Höhe nach, zwischen den Linien bc und ac, welche den Winkel c am Auge machen. Diesen Winkel nennen wir Sehewinkel oder scheinbare Größe. Entfernst du dich von dem Gegenstande bis d, so bilden bd und ad den Sehewinkel, der nun kleiner als bey c ist; entfernst du dich noch weiter bis e, f ꝛc., so wird der Sehewinkel noch kleiner. Im Gegentheil würde er größer geworden seyn, wenn du dich von c aus, dem Gegenstande mehr genähert hättest. Unter zwey in gleichen Entfernungen vom Auge f entfernten Gegenständen ab und ai macht der größte Gegenstand ai am Auge den größten Sehewinkel.

Die scheinbare Größe eines Gegenstandes hängt daher nicht blos von der wahren Größe desselben, sondern auch mit von seiner Entfernung vom Auge ab. Bey ungleichen Entfernungen haben gleich

große Gegenstände eine verschiedene scheinbare Größe. Eben deswegen erscheinen uns alle Gegenstände desto kleiner, je weiter sie vom Auge entfernt sind. Von einem hohen Thurme oder von einem Berge herab, sehen uns alle Menschen auf der Straße oder in den Thälern sehr klein aus. Ist der Sehewinkel gar zu klein, so verschwinden uns die Gegenstände; und so kann uns auch der größte Gegenstand verschwinden, wenn er sehr weit von unserm Auge entfernt ist.

Einige Naturforscher, namentlich der berühmte Astronom Tobias Mayer in Göttingen, suchten durch Versuche zu erforschen, bey welcher Größe des Sehewinkels die Gegenstände für unser Auge verschwinden. Sie fanden, daß dies geschieht, wenn der Sehewinkel kleiner geworden ist als 40 Sekunden oder $\frac{2}{3}$ einer Minute (den Grad, deren der rechte Winkel 90 enthält, in 60 Minuten und die Minute in 60 Sekunden getheilt). Tobias Mayer fand dies durch seine trefflichen Versuche mit einer Mischung von Far-

benquadrätchen, wo weiße und schwarze Quadrätchen mit einander abwechselten. Er ging nämlich immer weiter von den Quadrätchen zurück, bis sich die Farben nicht mehr unterscheiden ließen. Da ihm nun die Größe der Quadrätchen bekannt war, und da er die Entfernung des Auges von den Quadrätchen messen konnte, so war es ihm auch leicht, die Größe des Sehewinkels zu bestimmen, unter welchem die Gegenstände dem Auge verschwinden.

Parallel gesetzte Bäume scheinen zusammenzulaufen, weil ihre Breite in der Ferne immer unter einem kleinern und kleinern Sehewinkel erscheint. Ist die Reihe Bäume c, e, g, i Fig. 2. Taf. III. mit der Reihe b, d, f, h parallel, befindet sich das Auge in c, und zieht man vom Auge die Linien ab und ac, ad und ae, af und ag, ah und ai nach den Bäumen, welche eine überall gleich breite Allee bilden, so sieht man deutlich genug, wie der Sehewinkel der Breite der Allee mit der Entfernung immer kleiner wird, wie

der Winkel von den letztern Bäumen h und i am kleinsten geworden ist; u. s. w. In einer Allee, die über 5000 mal länger als breit ist, würden beyde Reihen Bäume zuletzt zusammenzulaufen scheinen, weil dann der Sehewinkel der Breite nur noch $\frac{2}{3}$ einer Minute betragen würde.

Ist ein großer Gegenstand zugleich mit kleinen Theilen verbunden, so verschwinden uns in einer gewissen Entfernung oft die kleinen Theile. Man sieht dann blos den Umriß des ganzen Gegenstandes, ohne seine Theilchen unterscheiden zu können. Deswegen kommen uns entfernte mit Ecken, Spitzen und allerley Zierrathen versehene Thürme rund vor, weil nicht der Thurm, sondern nur jene kleinen Theilchen für unser Auge verschwinden. Deswegen erscheinen uns auch Wälder, Kornfelder, Blumenfelder ꝛc. in der Ferne als zusammenhängende Massen, weil wir die Zwischenräume zwischen diesen einzelnen Gegenständen nicht wahrnehmen. Wir sehen ein Kornfeld, be-

sonders aber ein Feld mit gelben Blumen (wie Rübsaamen) in einer großen Entfernung oft eine Stunde weit und noch weiter von uns. Wie würde es aber möglich seyn, in dieser Entfernung eine einzelne Aehre oder ein einzelnes Blümchen wahrzunehmen! In einiger Entfernung sieht man auf einem Bogen Papier einen schwarzen Punkt nicht; verbindet man ihn aber mit einer Linie, so sieht man ihn wieder. Eben so sieht man in der Ferne oft einen Strick, obgleich man einen einzelnen von ihm abgesonderten Theil nicht sehen würde. Fixsterne, die bey weitem größer als unsere Erde sind, fließen uns, wegen ihrer sehr großen Entfernung, in einen Punkt zusammen. Nur wegen ihres sehr starken Lichts sehen wir sie noch.

Obgleich es nun aus dem bisherigen sehr begreiflich ist, daß Gegenstände uns desto kleiner erscheinen müssen und uns der Regel nach auch wirklich desto kleiner erscheinen, je weiter sie von uns entfernt sind, hingegen desto größer, je näher wir uns bey ihnen

befinden, so finden hierbey doch nicht selten sehr merkwürdige Ausnahmen statt. So glauben wir z. B. einen bekannten Menschen oder einen andern bekannnten Gegenstand in der Ferne oft in seiner gewöhnlichen Größe zu erblicken, wenn auch der Sehewinkel desselben viel kleiner geworden ist. Was wir nämlich zu sehen glauben, eignen wir uns eigentlich blos durch Schlüsse zu, die wir aus vorigen Empfindungen auf die Sache machen, welche wir sehen. Wir haben uns z. B. von Jugend an gewöhnt, die uns bekannt gewordene wahre Größe des Menschen in unserer Vorstellung zu behalten, und ihn nach dieser seiner bekannten Größe zu schätzen, wenn er auch weit von uns entfernt ist oder in einem bald mehr, bald minder starkem Lichte erscheint. Blos der Gang, die Haltung, die äußern Umrisse oder die Kleidung des Menschen u. d. gl. brauchen uns aufmerksam darauf zu machen, daß es dieser oder jener bekannte Mensch ist; alsdann er-

gänzt unsere Phantasie das übrige, und der Mensch steht in voller Größe und Gestalt vor uns.

Der Hauptvorzug unseres Sehens besteht demnach vornehmlich darin, daß wir durch Uebung, durch Schlüsse von vorigen durchs Gefühl erlangten Empfindungen, durch Vergleichungen der verschiedenen Abwechselungen von Schatten und Licht rc., wie wir sie nach vielfältigen Erfahrungen bey dieser oder jener Entfernung, Gestalt und Größe vornahmen, über die Gestalt, Entfernung rc. der verschiedenen Gegenstände richtig zu urtheilen gelernt haben.

So sehen wir z. B. nicht, daß ein Körper rund oder eckig ist, sondern wir bilden es uns blos ein, weil wir schon versucht haben, solche Körper, die diesen oder jenen Eindruck auf unser Auge machen, durchs Gefühl zu unterscheiden. Eben so sehen wir es auch nicht, daß ein Gegenstand so oder so weit von uns entfernt ist, sondern wir bilden uns auch dieses blos ein, weil wir nur durch Uebung gelernt haben,

Entfernungen zu schätzen. Denn Entfernungen sieht man eben so wenig als Erhabenheiten. Wir eignen uns diese wieder blos durch Schlüsse von den Eindrükken des Lichts und Schattens in unsern Augen zu, wie wir sie bey ähnlichen Gelegenheiten unzählige Mal empfanden.

Die Wahrheit von diesen Bemerkungen bestätigen ganz die Aussagen von Blindgebohrnen, denen der Stahr gestochen wurde. Jeder Blinde, der nie hat sehen können und auf einmal das Gesicht bekommt, weiß einen Körper, den man ihm zeigt, nicht zu nennen, wenn er ihn nicht berührt. Er sieht nicht, ob ein Körper rund oder eckig, groß oder klein ist. Erst nach und nach muß er dies durch das Gefühl lernen und durch Vergleichungen desselben mit dem Eindrucke des von den Körpern herkommenden Lichts. Von Entfernungen weiß er eben so wenig zu urtheilen. Er glaubt, alle Sachen, die er sieht, berührten seine Augen eben so, wie sie seine Finger berühren, wenn er

sie anfühlt. Er weiß nicht, was einen Fuß und was zwanzig Fuß von ihm entfernt ist. Alles kommt ihm wie ein Gemälde vor, das unmittelbar auf den Augen liegt. Erst nach und nach muß er durch mannigfaltige Erfahrungen die nöthigen Begriffe von der ordentlichen Größe, Gestalt und Entfernung der Gegenstände erlangen. Daß alle Menschen als Kinder erst dasselbe thun müssen, ist nicht zweifelhaft mehr. Man nimmt dies auch an kleinen Kindern wahr, wie sie überall mit den Händen herumfahren und die Gegenstände betasten.

Und doch irren wir alle, die wir im Sehen durchaus geübt sind, noch oft in jener Schätzung und Beurtheilung und fällen dann falsche Urtheile über die vor uns liegenden Gegenstände. Wir sehen oft, besonders in der Dämmerung oder im Mondscheine, Kinder für erwachsene Menschen, Erwachsene für Kinder, entfernte Thürme für nahe Menschen, nahe Menschen, Bäume, Erdhaufen u. d. gl. für entfernte

Thürme an. Kleine nahe vor unsern Augen hinkriechende Insekten halten wir nicht selten für entfernte große Thiere rc. Dies geht nämlich so zu.

Wenn auf freyem Felde, besonders da, wo Thäler und Hügel mit einander abwechseln, und zu einer Zeit, wo man nicht recht deutlich mehr sehen kann, ein nicht großer erhabener Gegenstand, z. B. ein Mensch in unsere Nähe kommt, so setzen wir diesen in unserer Einbildung oft weit von uns weg. Da wir glauben, er sey weit von uns, und da er uns doch unter einem ziemlich großen Sehewinkel erscheint, so schließen wir, der Gegenstand ist hoch oder groß, folglich kann er in unserer Einbildung wohl ein Thurm seyn. Sehen wir im Gegentheil in einer großen Entfernung einen Thurm über eine Anhöhe, besonders über eine kahle Anhöhe, hervorblicken, die vielleicht noch durch ein tief liegendes Thal von uns getrennt ist, so halten wir ihn nicht selten für weit näher. Seine Größe nimmt daher in unserer Einbildung ab, und daher kann er nach unse-

rer Schätzung kein Thurm, sondern er muß ein Mensch seyn.

Einst glaubte ich an einem schönen Herbsttage, in der Dämmerung auf einem Stoppelfelde, eine Schwadron Dragoner zu sehen, die nach meiner Schätzung wohl noch eine Viertelstunde weit von mir waren. Aber kaum nach zwey Minuten hob sich diese Schwadron vor meinen Augen in die Lüfte. Es war nämlich ein Schwarm Raben gewesen, der gar nicht weit von mir sich auf dem Felde gelagert hatte. Meine Einbildung schuf diese Thiere, die ich weit von mir hinwegsetzte, in Reiter um, zumal da sie sich auf einer Stelle befanden, wo sonst Dragoner zu exerciren pflegten.

Ein ander Mal hielt ich eine rothe Blume (den Fuchsschwanz), die nicht weit von mir vom Winde hin und her bewegt wurde, für ein entferntes großes Thier, das mich zu verfolgen schien. Mit dieser Täuschung hatte es folgende Bewandniß. Ich war auf einem Fahrwege vor Pfählen herbey gekommen, die

ohngefähr Mannshöhe hatten. bc Fig. 3. Taf. III. soll z. B. ein solcher Pfahl seyn. Von derselben Stelle an, zog sich der Weg etwa eine Viertelstunde weit in einer Vertiefung, wie cd hinab, von da an ging er wieder in die Höhe nach d a zu. Bey d stand die Blume. Mein Auge befand sich in a. Ich blickte um und bemerkte, daß die Blume mit den Pfählen cb ohngefähr einen gleich großen Sehewinkel am Auge bildete. Da ich nun nicht an die Vertiefung ed dachte, welche das Auge nicht sehen konnte, so setzte ich den Gegenstand d in Gedanken an dieselbe Stelle, wo die Pfähle bc sich befanden; folglich mußte der Gegenstand d in meiner Einbildung wachsen und so groß seyn als bc. Was war daher bey der Bewegung der Blume wohl natürlicher, als daß ich sie für ein großes Thier hielt!

Steht man nahe am Fenster, hat man das Auge etwas schief gegen dasselbe gerichtet, und kriecht dann unvermuthet eine Fliege nahe am Auge hin, so hält man diese oft für einen auf der Straße laufenden

Hund, oder für ein noch größeres auf der Straße befindliches Thier, auch wohl für einen großen in der Luft fliegenden Vogel. Da nämlich die Fliege wegen ihrer Nähe einen ziemlich großen Sehewinkel im Auge macht, dem Auge nicht deutlich erscheint und leicht der Begriff entstehen kann, daß das Gesehene weit von dem Auge entfernt sey, so ist das Wachsen an Größe in der Einbildung wieder leicht zu erklären.

Ist man gewohnt, in dem Zimmer eines Erdgeschosses zu leben, dessen Fenster die gewöhnliche Höhe von 3 bis 4 Fuß haben, und man kommt auf einmal in ein solches Zimmer, dessen Fenster nur 1½ bis 2 Fuß von der Erde hoch sind, so hält man alle vorübergehende Menschen für Riesen. Denn gehen die Menschen vor Fenstern von gewöhnlicher Höhe vorbey, so sieht man im Zimmer nicht viel mehr, als ihre Köpfe; gehen sie aber vor jenen niedrigen Fenstern vorbey, so sieht man auch den halben Leib von ihnen. Da wir

nun gewohnt sind, von ihnen nicht viel mehr als den Kopf zu sehen, wenn wir uns in einem Zimmer des untern Stocks befinden, so steigt gleich bey uns der Begriff von ungewöhnlicher Größe auf, wenn wir viel mehr als den Kopf von ihnen sehen. Wir halten die vorübergehenden Menschen um so viel größer, als die Fenster an dem ungewohnten Zimmer niedriger sind, wie die gewöhnlichen Fenster.

Auf dem Theater kommen uns die Schauspieler, so wie Thiere, welche man auf die Bühne bringt, immer viel größer vor, als sie von Natur sind. Die Ursache liegt in dem perspectivischen Zeichnungen der Dekorationen. Besonders auffallend ist diese Erscheinung, wenn Säulen, Bäume, Gebäude ꝛc. perspektivisch gezeichnet sind, nämlich so, als wenn sich die letzten weit zurück verlören. Kommt nun bey den letzten Säulen, Bäumen oder Häusern ein Hund oder eine Katze hervor, so glauben wir oft einen Elephanten oder ein anderes ungeheures Thier zu sehen. Das Thier näm-

lich, welches gar nicht weit von uns entfernt ist, folglich in unserm Auge keinen gar kleinen Sehewinkel macht, ragt mit seinem Kopfe an den obern Theil der letzten klein gezeichneten Säule oder an den Wipfel des letzten klein gezeichneten Baumes, oder bis an das Dach des letzten klein gezeichneten Hauses. In dem Augenblicke, wo wir dies bemerken, muß natürlich wohl der Begriff von Größe in uns aufsteigen, weil wir die Säule, den Baum oder das Haus, wovon das Thier den höchsten Theil berührt, durch die wirkliche Entfernung so klein glauben.

So weit war Herr Waltersdorf gekommen. Es war Abend. Die Fenster des Zimmers, worin der Unterricht ertheilt wurde, lagen nach Osten zu. Die Röthe des östlichen Horizonts verkündete den baldigen Aufgang des Mondes. Herr Waltersdorf führte seinen Schüler an's Fenster und machte ihn auf das Phänomen, welches bald sich zeigen würde, aufmerk-

sam. Da stieg der Mond mit blutrothem Glanze und ungewöhnlich groß über dem Horizonte empor. Ferdinand verglich diese Größe des Mondes mit einem Wagenrade. Er hatte schon oft diese Erscheinung (auch bey der aufgehenden Sonne) wahrgenommen. Er hatte bemerkt, daß der Mond (eben so wie die Sonne) an Größe abnahm, so wie er höher über dem Horizonte empor kam und daß er oben am Himmel immer am kleinsten wurde. Er hatte bisher immer geglaubt, daß der Mond beym Auf- und Untergange uns näher wäre, daß er sich beym Aufsteigen über die Berge weiter von uns entfernte, und daß blos davon die Verschiedenheit seiner Größe herrühre. Aber Herr Waltersdorf versicherte ihn, daß dies gar nicht der Fall sey, daß vielmehr der Mond am Horizont uns näher sey und uns eigentlich kleiner erscheinen müsse, als wenn er am höchsten steht. Daß er uns größer vorkommt, daran sind wieder unsere falschen Schlüsse schuld. Wir vergleichen nämlich den

Mond, so wie er aufgeht, mit den nahen Bergen, Bäumen, Häusern ꝛc. (eben so wie wir in dem Theater den Hund mit den letzten Säulen, Bäumen, Häusern ꝛc. vergleichen). Dadurch wächst er nun in unserer Einbildung. Bewegt er sich höher über dem Horizonte hinauf, so entfernen sich nach und nach die Maaßstäbe von ihm, womit wir ihn verglichen. Ist er am höchsten, oben an den Himmel, in den sogenannten Meridian oder Mittagskreis gekommen, so sehen wir keine Maaßstäbe mehr bey ihm. Kurz vor Untergange erscheint er uns zwar auch wieder größer, weil dann die Maaßstäbe (die Berge, Bäume ꝛc.) wieder herankommen, aber doch nicht so groß, wie beym Aufgange, weil wir seine kleinere Gestalt schon gewohnt waren; da hingegen beym Aufgange eine Ueberraschung statt fand. Betrachtet man den Mond beym Auf- und Untergange (eben so auch die Sonne) durch ein kleines, in ein Kartenblatt gestochenes Löchelchen, so sieht der Mond nicht größer aus, als wenn er höher gekommen

ist, weil nun keine Maaßstäbe mit in's Spiel kommen, womit wir ihn vergleichen könnten.

Denkt man sich den Mond, ein Mühlrad, einen Teller und einen Kreuzer unter einerley Sehewinkel gezeichnet, so machen alle diese Dinge in unserm Auge ein gleich großes Bild. Was für ein Recht hätte man, den Mond oder das Mühlrad für größer zu halten als den Kreuzer, wenn sich unser Urtheil blos nach dem Bilde im Auge richtete? Daß man z. B. das Mühlrad oder den Teller für größer hält, als den Kreuzer, ist wieder blos ein Vernunftschluß. Der Teller war einmal weiter von uns entfernt als der Kreuzer; beyde machten in unserm Auge einerley Sehewinkel, den Kreuzer faßten wir mit der Hand sogleich, aber um den Teller zu fassen, mußten wir erst viele Schritte thun; daraus schlossen wir denn, daß der Teller größer sey. Das Mühlrad war noch größer, wir mußten noch weiter gehen, um es zu erreichen.

Wenn man im Freyen steht, so sieht uns das Gewölbe des Himmels nicht wie die innere Fläche einer hohlen Halbkugel aus, wie es eigentlich aussehen sollte, sondern viel flacher, oben mehr eingedrückt, wie am Horizonte, ohngefähr wie ein Uhrglas. Die Ebene des Horizonts ist nämlich eine sichtbare Fläche; sie hat verschiedene uns bekannte Gegenstände neben sich, wodurch der Begriff erregt wird, als wenn diese Entfernungen um dem Auge herum alle gleich wären. Eben deswegen scheinen uns auch alle Theile des Himmels am Horizonte herum auf gleiche Weise gekrümmt. In der lothrechten Fläche aber, die wir uns von unserm Haupte an bis an das Gewölbe verlängert denken können, ist nichts zu sehen, das einen Begriff von ihren Theilen oder von irgend einem Gegenstande zu erregen vermöchte. Wir sind also auch nicht im Stande, solche Vergleichungen, wie nahe am Horizonte, anzustellen. Dadurch vermindert sich in unserer Einbildung die scheinbare Entfernung der höhern Theile nach und nach,

so wie sie vom Horizonte hinwegrücken. Ist der Himmel ganz mit Wolken von gleicher Dichtigkeit bedeckt, so werden sie alle in gleicher Höhe über der Erde schweben, und also eine Fläche ausmachen, die einem großen flachen uhrglasähnlichen Gewölbe ebenfalls ähnlich ist.

Solche Spiele der Einbildung, welche uns zu mancherley Trugschlüssen verleiten, erleben wir oft noch viel mehrere. Gegenstände dißseits eines breiten Wassers setzen wir zuweilen fälschlich an das jenseitige Ufer, und dann wächst begreiflich ihre Größe in unserer Einbildung. Entfernte Wetterfahnen setzen wir oft auf das unrechte Gebäude, entfernte Laternen auf den Straßen oft an die unrechte Seite. Wir halten den nächsten Flügel einer Windmühle oft für den entferntesten, und fällen dann ein unrichtiges Urtheil von dem Striche des Windes und von der Richtung, nach welcher sich der Flügel dreht. Eben so sind wir nicht selten unge-

wiß, nach welcher Seite sich eine Menge angezündeter Lichter drehe, die wir in der Ferne sich in die Runde bewegen sehen.

Betrachtet man Berge, Städte, Dörfer und andere entlegene Gegenstände durch eine reinere Luft wie gewöhnlich, so sehen sie uns viel näher aus, als wenn die Luft dick ist. Natürlich entdecken sich selbst kleinere Theile einer entlegenen Sache durch reinere Luft viel besser. Man hält dann die Sache ohngefähr für so nahe, als sie seyn müßte, wenn man sie eben so gut durch die gewöhnliche gröbere Luft sehen wollte. Reisende sind oft durch solche Erscheinungen in Erstaunen gesetzt worden, besonders in einer Gegend, wo die Luft viel heiterer war, als in ihrem Lande.

Auf rauhen Wegen kommt uns jede Entfernung kürzer vor, weil die Rauheiten (Hügel, Büsche, Bäume u. d. gl.) einen Theil des Weges verbergen. Es erklärt sich hieraus leicht, warum Reisende auf einer Landstraße oder sonst auf einem Wege, von wo aus

keine Gegenstände, als Dörfer, Berge, Bäume rc. in die Höhe ragen, den Weg zu einem Orte oft für ungewöhnlich lang halten.

Hält man ein Lineal gerade vor das Auge, so daß man alle Theile desselben auf der vordern Fläche übersehen kann, so erscheint es dem Auge seiner ganzen Länge nach. Hält man es aber in horizontaler Richtung vor das Auge, so nimmt es sehr an Länge ab. Man kann es sogar so richten, daß es nur als ein schmaler Streifen erscheint. Hält man auf eben die Art ein richtiges Gemälde in horizontaler Lage oder in schiefer Richtung vor das Auge, so erscheint es uns sehr verkürzt, und unförmlich breit. Ein lang ausgezerrtes Bild eben so vor das Auge gehalten, erscheint uns in richtiger Proportion. Wirklich hat man solche ausgezerrte Bilder verfertigt; man nennt sie optische Anamorphosen. Sie gewähren einen überraschenden Anblick, weil man fast nichts an ihnen erkennen kann, wenn man sie gerade vor das

Auge hält, und weil man ein regelmäßiges Bild sieht, wenn man sie in die horizontale Lage bringt und dann mit dem Auge von der einen Kante an darauf hinausblickt.

Oft halten wir eine vertiefte Fläche für erhaben, eine erhabene Fläche für vertieft, entweder mit bloßen Augen, noch öfter durch ein Vergrößerungsglas, z. B. Abdrücke von Petschaften, Figuren, die in Perlmutter gravirt sind u. d. gl. Zu diesem Irrthume verleitet uns ein unvollkommenes Urtheil von der Entfernung der Theile an jenen Sachen. Am meisten führt uns hier der Schatten irre, weil wir Entfernungen und Erhabenheiten, wie schon gesagt, nicht sehen, sondern blos beurtheilen können.

Auch bey Bewegungen irren wir oft in unserm Urtheile. Bewegungen werden ebenfalls nicht gesehen, sondern blos geschlossen. Man vergleicht hier nämlich die Körper nach ihrer Lage gegen einander; sieht man nun, daß der eine Körper seine

Lage gegen andere Körper verändert hat, so sagt man, er habe sich fortbewegt. Eben so gut kann aber auch derjenige Körper, wovon wir glauben, daß er von seiner Stelle hinweggerückt sey, seinen Platz behauptet, und die übrigen Körper können sich von ihm hinwegbegeben haben. Daß uns wirklich oft etwas still zu stehen scheint, was sich doch bewegt, und daß umgekehrt oft etwas sich zu bewegen scheint, was doch still steht, lehrt die tägliche Erfahrung. Die Sonne scheint sich täglich um unsere Erde zu wälzen und doch steht sie still, und nur wir auf unserer Erde bewegen uns vor ihr herum und um sie herum (durch die tägliche Axenumdrehung der Erde und durch den jährlichen Umlauf der Erde um die Sonne). Die tägliche Umdrehung des Mondes um unsere Erde ist ja auch blos scheinbar und bekanntlich blos die Wirkung der täglichen Umdrehung der Erde um ihre Axe. Wenn man schnell vor Häusern, Bäumen und andern Gegenständen vorbeyfährt, so scheinen sich auch diese Gegen-

stände oft fortzubewegen, obgleich sie immer auf einer Stelle bleiben.

Oft pflegt man indessen zu sagen, man sehe die Bewegung, wenn nämlich die Zeit sehr kurz ist, während welcher man einen Körper an verschiedenen Orten erblickt. Hier kann man fragen: wie groß muß eine Bewegung oder Geschwindigkeit seyn, wenn man sie sehen will? So sieht man die Bewegung des Minutenzeigers einer Uhr; aber nicht die Bewegung des Stundenzeigers. Man kann also auch die Frage aufstellen: wie langsam muß etwas gehen, wenn es aussehen soll, als ob es ruhte?

Betrachtet man einen Stern am Himmel eine Sekunde lang, so kann man nicht bemerken, daß derselbe während dieser Zeit fortrückt; und doch bewegt er sich innerhalb einer Sekunde um einen Winkel oder Bogen von 15 Sekunden (von $\frac{1}{4}$ Minute oder $\frac{1}{240}$ Graden) fort. Wir können hieraus schließen: ein Gegen-

stand wird dem Auge still zu stehen scheinen, wenn sein Weg, den er in einer Sekunde durchläuft, im Auge einen Winkel von 15 Sekunden macht. Durch Hülfe der Mathematik hat man dies weiter berechnet, und gefunden, daß ein Gegenstand dem Auge still zu stehen scheint, wenn sich sein wahrer Weg zu seiner Entfernung wie 1 zu 1375 verhält. — Freylich kann dies keine allgemeine Regel geben, weil ein Mensch immer schärfer sieht als der andere.

Manche Sachen, die sich vorwärts bewegen, scheinen sogar oft rückwärts zu kommen; aufsteigende Gegenstände scheinen sich oft zu senken, ꝛc. Wenn z. B. ein Auge a Fig. 4. Taf. III. ein Thier oder einen andern Gegenstand c erst in der Richtung ab vor einem Baume b erblickt, und wenn sich dann das Thier bis d, das Auge aber in derselben Zeit bis e fortbewegt, so sieht das Auge den Gegenstand d jetzt in der Richtung ef oder vor dem Baume f. Der Gegenstand scheint also zurückgegangen zu

seyn, weil wir den Ort des Gegenstandes immer nach der Richtung beurtheilen, in welcher Strahlen von ihm in unser Auge fallen. — Aehnliche Täuschungen giebt es im Leben noch viel mehrere.

Neun und dreissigstes Kapitel.

Von der Zurückwerfung oder Reflexion der Lichtstrahlen.

Wenn ein Lichttheilchen auf die Oberfläche eines dunkeln undurchsichtigen Körpers fällt, so springt es von diesem Körper eben so ab, wie eine elfenbeinerne Kugel, die man gegen eine harte Wand oder gegen die Bande des Billiardtisches wirft; der Zurückprallwinkel desselben ist immer so groß,

als der Einfallswinkel (Th. I. S. 215.). Ein Lichtstrahl ist eine Summe von Lichttheilchen, die in einer geraden Linie ganz nahe hinter einander liegen. So wie das erste Lichttheilchen des auf eine Fläche fallenden Lichtstrahls zurückgeworfen oder reflectirt wird, so müssen natürlich auch alle nachfolgenden Theilchen dieses Strahls zurückgeworfen werden. Folglich prallen Lichtstrahlen von der Oberfläche eines Körpers eben so ab, wie es elastische Körper auf einer Ebene thun, gegen die sie stoßen: der Zurückstrahlungswinkel oder Reflexionswinkel ist immer dem Einfallswinkel gleich. Ein Strahl der perpendikulär oder in der Richtung des Neigungslothes auffällt, wird daher auch nach derselben Richtung, d. h. in sich selbst zurückgeworfen.

Ist die Oberfläche eines harten dichten undurchsichtigen Körpers recht glatt und von allen Ungleich-

heiten frey, so kann man sie als eine Summe von unzählig vielen sehr kleinen Ebenen betrachten, die insgesammt einerley Lage haben. Wenn nun Lichtstrahlen auf eine solche Fläche fallen, so müssen sie wohl in derselben Ordnung in's Auge reflectirt werden, wie sie auf die Fläche kamen; denn jedes Theilchen der Fläche oder jede angenommene kleine Ebene wirft blos Strahlen von einerley Punkte des Gegenstandes in's Auge, die gleich daneben liegende kleine Ebene ebenfalls Strahlen von dem gleich daneben liegenden Punkte des Objekts, u. s. w. Folglich muß das Auge von den zurückprallenden Strahlen eben so gerührt werden, als sähe es den Gegenstand selbst, und zwar nach einer Richtung, die auf diejenigen Stellen der Oberfläche des Körpers zugeht, von welcher die in's Auge kommenden Strahlen zurückprallen. Ein Körper, der auf diese Weise reflectirte Strahlen in's Auge schickt, wird ein Spiegel genannt.

Warum zeigt aber wohl eine rauhe Fläche, z. B. die Wand, die Thür ꝛc. blos sich selbst und kein Bild von einem andern Gegenstande?

„Auf der rauhen Fläche," antwortete Ferdinand ganz richtig, „haben die kleinen Ebenen, die Sie vorhin annahmen, nicht einerley Lage gegen einander; man kann vielmehr auf der Oberfläche von solchen rauhen Körpern unendlich viele Ebenen annehmen, die ganz verschiedene Lagen haben. Nun fallen Strahlen von verschiedenen Gegenständen auf eine solche Ebene; und Strahlen von einerley Gegenstande, die auf mehrere solche Ebenen fallen, werden nicht in einerley Ordnung zurückgeworfen; alle reflectirte Strahlen durchkreuzen sich daher auf eine unordentliche Weise."

Nun giebt es aber, fuhr Herr Waltersdorf fort, keine ganz vollkommen dichte Körper und an den Körpern keine ganz vollkommen glatte Oberflächen; daher kann es auch keinen ganz vollkommnen Spiegel

geben; daher ist das Bild einer Sache nie ganz so deutlich, als der Gegenstand selbst.

Die flüssigen Körper, z. B. stillstehendes Wasser und Quecksilber, bilden natürliche Spiegel. Die Oberfläche des dunkeln Körpers, worin Wasser sich befindet, wirft die Strahlen zurück. Das Wasser selbst ist ja durchsichtig; es verstattet den Strahlen den Durchgang bis zur Oberfläche. Das Wasser füllt nur die Rauhheiten und Unebenheiten der Oberfläche aus, es macht die Oberfläche glatt und zur Spiegelung geschickt. Es giebt aber in dem Wasser immer Theilchen, welche undurchsichtig sind, nicht alle Strahlen hindurch bis zur Oberfläche des dunkeln Körpers lassen, und eben so von den reflectirten immer mehrere nicht zurücklassen, sondern zum zweyten Male, dritten Male rc. reflectiren. Daher besitzt das Bild in einem solchen natürlichen Spiegel immer keine sehr große Deutlichkeit.

Die besten künstlichen Spiegel sind gläserne und metallene. Bey den gläsernen Spiegeln

macht die hintere Belegung (das Amalgama von Zinn und Quecksilber) die zurückwerfende Fläche aus. Solche Spiegel hatte man schon vor 600 Jahren. Indessen gab es schon noch früher Glasspiegel, aber nicht mit Staniol und Quecksilber belegt, sondern auf der einen Fläche mit einem dunkeln Farbenpigment bestrichen. Durch das Glas gehen die Strahlen hindurch, welche von der hintern Belegung zurückgeworfen werden sollen. Da aber das Glas, wie überhaupt alle durchsichtige Körper, keinesweges vollkommen durchsichtig ist, da vielmehr in demselben noch immer dunkle Stellen vorkommen, von welchen Lichtstrahlen nicht blos beym Hineinfahren, sondern auch, nach geschehener Reflexion, beym Herausfahren reflectirt werden, so sieht man in Glasspiegeln oft doppelte und mehrfache Bilder. — Ferdinand überzeugte sich hiervon sogleich, als Herr Waltersdorf einen Spiegel nahm, ihn schräg gegen Ferdinands Auge hielt, und nun ein Licht so vor den Spiegel setzte, daß Ferdinand das Bild

davon in dem Spiegel sehen konnte. Da sah Ferdinand denn wirklich nicht blos ein Bild, sondern drey Bilder, wovon aber nur das eine recht deutlich war. Die beyden übrigen (welche von den doppelt und dreyfach zurückgeworfenen Strahlen herrührten) waren viel undeutlicher.

Die Nebenbilder im Spiegel machen begreiflich auch das Hauptbild undeutlich. Daher kann man zu Fernröhren, wie wir sie bald werden kennen lernen, keine Glasspiegel gebrauchen. Zu ihnen wendet man nur metallene Spiegel an.

Die ältesten Metallspiegel waren vermuthlich silberne; hernach machte man sie aus einer Mischung von Kupfer und Zinn. Stahl läßt sich allerdings trefflich poliren. Aber Stahlspiegel würden wegen des leichten Rostens sehr bald untauglich werden. Daher macht man jetzt die Metallspiegel am liebsten aus einer Composition von Messing, Kobalt und Arsenik. Diese sind zwar auch dem Einfluß der Feuchtig-

keiten unterworfen; aber doch lange nicht so sehr, als die stählernen. Die allerbesten, aber auch die kostbarsten Metallspiegel verfertigt man aus Platina.

Ein künstlicher Spiegel ist also jeder undurchsichtige Körper, dessen Oberfläche glatt und blank ist. Nun kann aber die Oberfläche eben oder krumm seyn, und hiernach theilt man die Spiegel auch wirklich in ebene Spiegel oder Planspiegel und in krumme Spiegel ein. Die Planspiegel von Glas werden im gemeinen Leben am meisten gebraucht. Von krummen Spiegeln giebt es viele Arten; denn die Krümmung der Oberfläche eines Körpers kann sehr mannigfaltig seyn. So kann auch die Krümmung der Oberfläche eines Körpers auf einer Erhabenheit oder in einer Höhlung sich befinden; und hiernach giebt es wirklich erhabene oder convexe Spiegel und hohle oder concave Spiegel. Sowohl die erhabenen Spiegel als die Hohlspiegel sind am meisten nach einer Kugelfläche gekrümmt. Diese heißen denn

Kugelspiegel oder sphärische Spiegel. Sie können ihre Krümmung aber auch nach andern krummen Flächen erhalten haben, z. B. nach solchen, die man durch die bekannten Kegelschnitte, die Parabel, Hyperbel und Ellipse construirt. Daraus entstehen denn parabolische, hyperbolische und elliptische Spiegel. Auch giebt es erhabene Kegel- und Cylinderspiegel. — In allen diesen Spiegeln sind die Erscheinungen, welche durch die Reflexion der Lichtstrahlen entstehen, sehr verschieden; sie nehmen sich darin oft sehr wunderbar aus.

Vierzigstes Kapitel.

Erscheinungen in ebenen Spiegeln oder Planspiegeln.

Wenn du, lieber Ferdinnd, in einen ebenen Spiegel blickst, und darin das Bild eines Gegenstandes, z. B. das Bild von dir selbst, wahrnimmst, so wirst du erstens sehen, daß das Bild von derselben Größe erscheint, als der Gegenstand; zweytens, daß das Bild eben so weit hinter der Spiegelfläche sich befindet, als der Gegenstand selbst vor der Spiegelfläche steht; drittens, daß eine Linie von deinem Auge nach derjenigen Stelle des Spiegels, wo das Bild erscheint,

denselben Winkel mit der Spiegelfläche bildet, den eine Linie macht, welche du von dem Gegenstande selbst nach derselben Stelle des Spiegels ziehst. Dies alles wird durch folgende Betrachtungen begreiflich werden.

Wenn AB Fig. 1. Taf. IV. den senkrechten Durchschnitt eines ebenen Spiegels und C einen leuchtenden Punkt vor dem Spiegel bedeutet, so wird dieser Punkt, er mag mit eignem oder erborgtem Lichte leuchten, viele Strahlen nach verschiedenen Richtungen auf die Spiegelfläche senden. Wir wollen uns einmal einen solchen Strahl Ce gedenken, welcher bey e die Spiegelfläche trifft, dessen Einfallswinkel also AeC ist. Nach den Gesetzen der Reflexion wird dieser unter denselben Winkel nach der andern Seite zurückgeworfen, also nach eD, wenn der Winkel BeD dem Winkel AeC gleich ist. Denkt man sich ferner einen Strahl Cp, welcher perpendikulär auf die Spiegelfläche trifft, folglich unter einem rechten Winkel auffällt, so wird auch dieser wieder unter dem rechten Winkel, d. h. in

sich selbst, zurückgeworfen. Man denke sich noch mehrere schief auf die Spiegelfläche fallende Strahlen, z. B. Cf, der nach fE; Cg der nach gF zurückgeworfen wird ꝛc. Haben wir nun unser Auge nach der Spiegelfläche gerichtet, so empfängt dieses eine Menge zurückgeworfener Strahlen, z. B. eD, fE, gF ꝛc. Verlängern wir in Gedanken die reflectirten Strahlen vom Auge nach der Spiegelfläche bis hinter die Spiegelfläche, so scheint es, als wenn sie alle von einem Punkte c ausliefen, der hinter der Spiegelfläche liegt. Unserm Auge kommt es also vor, als wenn der leuchtende Punkt selbst in c läge, und deswegen nennen wir auch c das Bild von C.

Man sieht leicht, daß man, um den Ort c des Bildes zu finden, nur zwey einfallende und reflectirte Strahlen anzunehmen nöthig hat. Wo diese rückwärts verlängert sich schneiden, da ist der Ort des Bildes. Denn in demselben Punkte schneiden sich auch alle übrige reflectirte rückwärts verlängerte Strahlen. Gewöhn-

lich nimmt man nur einen schief auffallenden Strahl, z. B. eD und einen Perpendikulärstrahl Cp an. Man hat dann auch genug, um zu beweisen, daß das Bild eben so weit hinter der Spiegelfläche sich befindet, als der Gegenstand selbst vor derselben steht. Denkt man sich nämlich die Strahlen Cp und Dc so weit hinter der Spiegelfläche verlängert, bis sie sich schneiden, so entsteht hinter der Spiegelfläche ein eingebildetes Dreyeck Ace. Dieses Dreyeck ist dem Dreyecke ACe vor der Spiegelfläche gleich, welches durch die Strahlen CA, Ce und den Theil pe der Durchschnittslinie der Spiegelfläche gebildet wird. Denn beyde Dreyecke haben eine gemeinschaftliche Seite pe und zwey Paar gleiche an dieser gemeinschaftlichen Seite liegende Winkel. Es muß demnach alles in den Dreyecken gleich seyn, folglich auch die Seiten AC und Ac, welche die Entfernung des Gegenstandes C und des Bildes c von der Spiegelfläche ausdrücken.

Hat man sich mehrere Strahlen von dem leuchtenden Punkte auf die Spiegelfläche gedacht, wie Ce, Cf und Cg, welche durch die Reflexion die Richtung eD, fE und gF bekommen haben, so kann man auch hier wieder die Gleichheit mehrerer Dreyecke beweisen, z. B. des Dreyecks Afc und AfC, Agc und AgC ꝛc. Man kann sich auch eine kreisrunde Fläche auf dem Spiegel gedenken, worauf eine Menge von C herkommende Strahlen gelangt. Diese Strahlen bilden dann auf der angenommenen Fläche einen Strahlenkegel, wie Ceg. Durch die zurückgeworfenen Strahlen eD, fE, gF ꝛc. entsteht aber hinter der Spiegelfläche ein eben so großer eingebildeter Strahlenkegel ceg. Die Fortsetzung dieses Kegels ginge nach eD, fE, gF ꝛc. Die Strahlen CeD, CfE, CgF könnten dann gleichsam als umgebogene Strahlen angesehen werden, und so wäre auch CFD als ein umgebogener Kegel zu betrachten, wovon sich die Spitze bey C befindet. Diese Spitze erblicken wir bey c, wenn wir das Auge nach

der Spiegelfläche richten; denn nur aus der Richtung, nach welcher wir einen Gegenstand sehen, beurtheilen wir die Lage desselben. Wir müssen daher den Kegel ceg an die Stelle des Kegels Ceg setzen.

Was von einem leuchtenden Punkte gilt, läßt sich auch auf mehrere leuchtende Punkte, und auf ganze Körper anwenden. Man braucht ja nur auf dem Körper mehrere leuchtende Punkte anzunehmen, und von jedem Punkte das Bild hinter der Spiegelfläche zu suchen; die Summe dieser Bilder wird das Bild des ganzen Körpers ausmachen. Das Auge wird dieses Bild immer so weit hinter der Spiegelfläche erblicken, als der Körper selbst vor dem Spiegel sich befindet, und zwar ganz in der natürlichen Größe.

Wenn der Pfeil C Fig. 2. Taf. IV. ein solcher Körper vor dem Spiegel ist, so kann man sich wieder Strahlen von jedem Punkte des Pfeils auf die Spiegelfläche fallend und von da reflectirt gedenken. Es ist

aber hinreichend, Strahlen von dem obersten und untersten Punkte des Pfeils anzunehmen, um Ort und Größe des Bildes zu bestimmen. So wird hier das Bild bey c zu finden seyn. Es ist nämlich von dem obersten Punkte des Pfeils C ein schief auffallender Strahl Ce und ein Perpendikulärstrahl, von dem untersten Punkte ebenfalls ein schiefer Strahl Cf und ein Perpendikulärstrahl angenommen; jene Strahlen bestimmen den obersten, diese den untersten Punkt des Bildes c. Da zeigt sich denn zugleich an dem Raume zwischen dem obersten und untersten Punkte des Bildes, daß dieses Bild gerade so groß ist, als der Gegenstand. Das Auge D empfängt den reflectirten Strahl eD von dem obersten Punkte des Gegenstandes C, den reflectirten Strahl fD von dem untersten Punkte desselben Gegenstandes. De und Df verlängert, treffen die oberste und unterste Stelle des Bildes c. Es ist also schon die Größe ef der Spiegelfläche hinreichend, um das Bild c zu sehen. Wirklich kann sich

der Mensch auch schon ganz in einem Spiegel erblicken, der ohngefähr halb so groß, als er selbst ist.

Rückt das Auge höher an der Spiegelfläche hinauf oder tiefer an derselben hinunter, so bleibt das Bild des Gegenstandes freylich unverändert; aber die Stelle ef verändert sich, wo die Strahlen eD und fD die Spiegelfläche treffen.

Bey der Lage Fig. 4. Taf. IV. des Gegenstandes C vor der Spiegelfläche AB fallen allerdings noch Strahlen genug, wenn auch sehr schief, auf die Spiegelfläche. Wenn aber das Auge oben bey D steht, so sieht es nichts von dem Bilde c, weil dann ef über die Spiegelfläche hinaus fällt. Steht aber das Auge unten bey d, so erblickt es das Bild, weil dann wirklich zurückgeworfene Strahlen von dem Spiegel her in's Auge fallen. Um nämlich hier Fig. 4. den Ort des Bildes hinter der Spiegelfläche zu finden, so hätte man blos nöthig, zwey von dem obersten und zwey von dem untersten Punkte des Gegenstandes gekommene

reflectirte Strahlen sich verlängert zu gedenken. Dadurch würde sowohl die oberste als die unterste Stelle des Bildes c, folglich die Lage des Bildes selbst bestimmt werden. Nun weiß man aber einmal, daß das Bild sowohl von dem obersten als untersten Punkte des Gegenstandes so weit hinter dem Spiegel liegt, als die Punkte selbst vor dem Spiegel sich befinden. Man braucht daher blos von dem obersten und untersten Punkte ein Perpendikel auf die Spiegelfläche oder auf die in Gedanken gezogene Verlängerung der Spiegelfläche zu fällen, diese Perpendikel hinter der Spiegelfläche zu verlängern und sie da eben so lang zu machen, als vor der Spiegelfläche. Zieht man nun die Endpunkte dieser hinter der Spiegelfläche liegende Perpendikel mit einer geraden Linie zusammen, so zeigt diese Linie die Lage und Größe des Bildes an. — Auch hier sieht man wieder, daß die Höhe von ef kleiner ist, als von C oder c; auch hieraus kann man folglich wieder schließen, daß der Spiegel nie so groß zu seyn

braucht, als der Gegenstand, den wir darin sehen wollen, oder als das Bild, welches wir darin erblikken. Je näher das Auge an dem Spiegel liegt, desto kleiner brauchte der Spiegel bey einem und demselben Bilde zu seyn.

Aber nur bey der vertikalen Stellung des Planspiegels haben die Bilder eine eben solche Lage gegen die horizontale Ebene, als die Gegenstände selbst; z. B. stehende Gegenstände stehen dann auch im Bilde, liegende liegen auch im Bilde, wie man immer in den an den Wänden aufgehängten Spiegeln sieht. Bey einer andern Stellung hingegen erblickt man auch die Bilder in Rücksicht auf den Horizont in einer ganz andern Lage, als die Gegenstände. Wenn der Spiegel unter einem Winkel von 45 Graden, etwa wie Fig. 3. Taf. IV. gegen den Horizont geneigt ist, so erscheinen darin liegende Gegenstände stehend, und umgekehrt stehende Gegenstände liegend. Wäre C Fig. 3. ein stehender Gegenstand vor der Spiegelfläche AB, so fände

man die Lage seines Bildes wieder wie vorhin durch zwey von seinem obersten und untersten Punkte auf die Spiegelfläche gezogene, hinter derselben verlängerte und daselbst eben so groß gemachte Perpendikel. Zieht man die Endpunkte der Perpendikel wieder zusammen, so erhält man das liegende Bild c. Machte man c zum liegenden Gegenstande, so würde man umgekehrt C als stehendes Bild erhalten. — Herr Waltersdorf hielt einen Spiegel in der Lage, wie Fig. 3. über die horizontale Fläche eines Tisches, und rollte eine Kugel so auf dem Tische hin, daß das Bild derselben im Spiegel erscheinen mußte. Da sah es denn eben so aus, als wenn die Kugel zu einer Anhöhe hinaufrollte, weil das Bild des Tisches im Spiegel vertikal war. Dies gewährte allerdings einen wunderbaren Anblick.

Hält man einen Spiegel horizontal, wie A B Fig. 5., so erscheint das Bild c eines aufrecht vor dem Spiegel stehenden Gegenstandes C verkehrt. Hält man

auf diese Art einen Spiegel über den Kopf, so steht man im Spiegel auf dem Kopfe. Auch hier findet man wieder wie dort die Stelle des Bildes durch gleich weit hinter der Spiegelfläche verlängerte Perpendikel, von dem obersten und untersten Punkte des Gegenstandes.

Gegenstände, die zwischen ein Paar Spiegeln liegen, welche unter irgend einem Winkel an einander gesetzt sind, sieht man vervielfältigt, und zwar um desto mehr, je kleiner dieser Winkel ist. Bringt man einen Theil der Kreisfläche (den Ausschnitt eiues Kreises) zwischen einen solchen Winkelspiegel, so bildet sich darin die ganze Kreisfläche ab. Sind cd und ed Fig. 6. Taf. IV. ein Paar unter dem Winkel d an einander gesetzte ebene Spiegel, und ist a ein dazwischen liegender Gegenstand, so macht dieser Gegenstand erst bey f nnd g ein Paar Bilder. Von diesen Bildern giebt es wieder bey h und i; und auch von diesen wieder bey k und l Bilder.

Ein zwischen die Spiegel c d und e d gebrachtes Auge sieht nun alle diese Bilder, wenn gerade Linien von dem Auge nach allen diesen Bildern (eigentlich nach den Gränzpunkten derselben) gezogen, die Spiegelflächen trifft, oder es sieht nur diejenigen von ihnen, welche mit dem Auge in geraden Linien liegen, die durch die Spiegelfläche gehen.

Das Bild erscheint nämlich in einem solchen Winkelspiegel so viele Mal weniger Eins, als der Winkel, den die Spiegel mit einander machen, in 360 Graden enthalten ist. Man wird dann bemerken, daß man sich in Spiegeln, die einen Winkel

von	120	Graden	machen,	2	mal	sieht.
=	90	=	=	3	=	=
=	72	=	=	4	=	=
=	60	=	=	5	=	=
=	$51\frac{1}{7}$	=	=	6	=	=
=	45	=	=	7	=	=
=	40	=	=	8	=	=
=	36	=	=	9	=	=

Von einem Gegenstande, der zwischen ein Paar parallelen Spiegeln angebracht ist, sieht man eine unzählige Menge von Bildern, eins hinter dem andern, wie dieses in Spiegelzimmern der Fall ist, wo parallele Wände überall mit Spiegeln besetzt sind. Denn von jedem Bilde giebt es da immer wieder ein Bild. Natürlich werden die Bilder immer desto schwächer oder matter, je mehr sich ihre Anzahl vervielfältigt, weil bey der öftern Reflexion immer ein Theil Lichtstrahlen verloren geht.

Herr Waltersdorf zeigte jetzt mehrere Werkzeuge vor, deren Wirkung nach dem Bisherigen leicht erklärt werden konnte; und zwar erst den sogenannten Operngucker oder das Polemoskop Fig. 7. Taf. IV. Dieses Instrument sah aus, wie ein gewöhnliches Taschen-Perspectiv. Richtete man es aber gerade aus, nach Gegenständen, welche man sehen wollte; so sah man diese nicht, sondern ganz andere Objekte.

Man mußte mit dem Instrumente, das man vor das Auge hielt, um den vierten Theil eines Kreises sich umdrehen, wenn man Gegenstände sehen wollte. Das Instrument war dann von den Gegenständen ganz abgekehrt. Auf diese Weise schien es, als wenn man ganz wo anders hin blickte, wenn man wirklich nach Gegenständen sah. In der Röhre des Instruments war nämlich eine Seitenöffnung a Fig. 7. Taf. IV. Vor diese Oeffnung war in die Röhre ein kleiner ebener Spiegel so angebracht, daß er gegen das Auge, welches vor die Oeffnung c gehalten wurde, eine Neigung von ohngefähr 45 Graden hatte. Drehte man also die Seitenöffnung a nach Gegenständen, welche man sehen wollte, so war natürlich das Rohr, seiner Länge nach, ganz wo anders hin gerichtet. Strahlen von jenen Gegenständen wurden nun von dem Spiegel b so reflectirt, daß sie in's Auge gelangen mußten. Vor dem andern Ende der Röhre befand sich blos zum Scheine auch ein Glas.

Mit dem sogenannten Zauberperspectiven kann man durch ein dickes Bret, durch den Leib des Menschen und über eine Mauer so sehen, daß man bemerkt, was jenseits der Mauer vorgeht. Hält man das Auge vor die Oeffnung d Fig. 8. des einen Zauberperspectivs, und richtet man die andere Seite e nach Gegenständen, so kann man diese Gegenstände doch sehen, wenn man auch eine Hand, ein Bret u. d. gl. vor e hält. Der Handgriff des Instruments ist nämlich gleichfalls eine Röhre, und in derselben ist vorn eine Oeffnung a angebracht, die sich, so viel wie möglich, mit den Fingern verbergen läßt. Hinter dieser Oeffnung befindet sich ein Spiegel b in der Röhre, ohngefähr unter einem Winkel von 45 Graden. Natürlich communicirt der innere Raum der Röhre de mit dem innern Raume der Röhre bc. In der Röhre de befindet sich über der Oeffnung der Röhre bc wieder ein Spiegel c, der nach der Oeffnung d, vor welcher sich das Auge befindet, hingekehrt, und unter einem Winkel

von ohngefähr 45 Graden gegen die Mündung der untern Röhre geneigt ist. Wenn also das Auge sich an d befindet, und die Oeffnung a nach einem Gegenstande hingekehrt ist, so werden von diesem Gegenstande die Strahlen, welche auf den Spiegel b fallen, in der Röhre hinaufwärts geworfen. Sie treffen oben auf den Spiegel c, und von diesem werden sie nach d in's Auge reflectirt. Man mag also vor e eine Hand, ein Bret, oder einen Körper halten, welchen man will, so sieht man doch den Gegenstand, von welchem Strahlen in die Oeffnung a einfallen.

Sehr wunderbar nimmt sich auch der Effekt von dem Zauberperspektive Fig. 9. aus. Es besteht aus einer Röhre b c, welche man in eine vertikale Lage bringt, wenn man damit nach Gegenständen hinsehen will, aus einer damit communicirenden Röhre a b, dessen Ende a man an's Auge hält, und aus der ebenfalls damit communicirenden Röhre c d, welche man nach

den Gegenständen hin richtet. Beyde Röhren a b und c d machen mit b c einen rechten Winkel, und stehen nach entgegengesetzten Richtungen hin. In der Ecke b befindet sich ein Spiegel, wieder unter einem Winkel von ohngefähr 45 Graden gegen b c geneigt; in der Ecke c ist ein eben solcher Spiegel angebracht, unter demselben Winkel gegen c d geneigt. Wenn nun das Auge vor a sich befindet und wenn d nach dem Gegenstande, welchen man sehen will, hingekehrt ist, so werden Strahlen von dem Gegenstande, die durch d fallen und auf den Spiegel c gelangen, durch die Röhre c b auf den zweyten Spiegel b geworfen. Dieser reflectirt sie wieder durch b a nach dem Auge.

Ist die Röhre b c recht lang, so daß man c d über eine Mauer halten kann, während das Auge vor a und die Röhre b c in vertikaler Lage sich befindet, so lassen sich mittelst dieses Werkzeugs allerdings auch Gegenstände jenseits der Mauer erblicken.

Noch seltsamer ist die Wirkung des Zauberperspektivs Fig. 10. In diesem haben die Strahlen von Gegenständen einen noch krummern Weg zu machen, ehe sie in's Auge gelangen. In jeder von den vier Ecken e, d, c, und b sitzt ein Spiegel unter einem Winkel von 45 Graden mit der Horizontalebene. Die spiegelnde Fläche von allen ist nach der Gegend von f hingekehrt. Hält man nun das Auge vor a und richtet man das andere Ende f nach dem Gegenstande hin, welchen man sehen will, so erblickt man wirklich diesen Gegenstand. Die Strahlen, welche durch f in die Röhre einfallen, kommen auf den Spiegel e, und werden von diesem herabwärts auf d geworfen. Von da werden sie nach dem Spiegel c reflectirt, welcher sie wieder nach dem Spiegel b wirft. Dieser reflectirt sie zuletzt nach dem Auge zu.

Mittelst einer ähnlichen Vorrichtung, hat der ehemalige geschickte Arzt Bozzini zu Frankfurt am

Main, Lichtstrahlen sogar in das Innere des menschlichen Körpers geleitet, so daß man in die Höhlen des Körpers hineinsehen konnte. Er nannte diese Vorrichtung nicht mit Unrecht: einen Lichtleiter.

Ein und vierzigstes Kapitel.

Von krummen Spiegeln.

Zu Anfange der nächsten Stunde, welche gegen Mittag begann, zeigte Herr Waltersdorf zwey ziemlich große sphärische Hohlspiegel, einen gläsernen und einen messingenen. Beyde machten den Abschnitt einer hohlen Kügel aus, dessen innere hohle

Fläche glatt und blank war. Der messingene Hohlspiegel, durch Schlagen gebildet, war inwendig glatt polirt; der gläserne Hohlspiegel war hohl geschliffen und dann auf der hintern Seite nach der gewöhnlichen Art mit Staniol belegt.

An einer Zeichnung, Fig. 1. Taf. V., erläuterte Herr Waltersdorf erst folgendes. Jeder sphärische Hohlspiegel ist ein Theil einer Kugel von einem gewissen Halbmesser oder Durchmesser. Man nennt den Halbmesser ca der ganzen Kugel, wovon der Spiegel päq nur ein Stück ausmacht, den Halbmesser des Hohlspiegels, eine gerade Linie ca überhaupt aber, welche senkrecht auf die Mitte a des Spiegels losgeht, heißt Axe des Spiegels. Die Sehne pq macht die Breite des Spiegels aus. Weil jeder Halbmesser senkrecht auf der Kugelfläche steht, so bildet er an jeder Stelle des Spiegels das sogenannte Einfallsloth oder Neigungsloth.

Herr Waltersdorf hielt den messingenen Spiegel gegen die Sonne, und in eine gewisse Entfernung von der Spiegelfläche hielt er erst ein Stück Papier, dann auch ein Stück Holz u. d. gl. In einem Augenblicke standen Papier und Holz in voller Flamme. — Der Hohlspiegel hat also die Eigenschaft, Körper in Brand zu setzen, wenn man Sonnenstrahlen mit ihm auffängt, und deswegen heißt er auch Brennspiegel. Der Punkt vor dem Spiegel, wo die in Brand zu setzenden Körper liegen müssen, heißt Brennpunkt oder Focus.

Jetzt stellte Herr Waltersdorf den gläsernen Hohlspiegel, der auf einem Gestelle in die vertikale Lage gebracht, auch mehr oder weniger geneigt werden konnte, auf einen Tisch. Ferdinand mußte sein Gesicht nahe an die Spiegelfläche halten. Da erblickte er sich sehr vergrößert, in derselben Stellung wie er selbst vor dem Spiegel stand, aber weiter hinter dem Spiegel. Er mußte sich allmälig von der Spiegelfläche

entfernen. Da wurde sein Bild immer größer und größer. Bey weiterm Zurückgehen wurde das Bild bald undeutlich oder verschwand vielmehr. Ferdinand sah blos ein unordentliches Gemisch von Lichtstrahlen. Er ging noch etwas weiter zurück, und siehe da! er erblickte sich wieder, aber verkehrt, den Kopf unten, den Hals oben, und zwar sah er das Bild nicht mehr hinter der Spiegelfläche, sondern es schwebte vor derselben. Es schien ihm gleichsam, als wenn er es greifen könnte. Anfangs war auch das verkehrte Bild vergrößert, beym weitern Zurückgehen aber wurde es kleiner und immer kleiner. — Alle diese Erscheinungen erklärte nun Herr Waltersdorf auf folgende Art.

Wenn ein Strahl in der Axe ca Fig. 1. Taf. V. auf den Spiegel fällt, so wird er in sich selbst zurückgeworfen. Ein solcher Strahl ist nämlich ein Perpendikulärstrahl. Eben so würden auch alle diejenigen Strahlen in sich selbst zurückgeworfen werden, welche

von dem Mittelpunkte c des Spiegels auf die Spiegelfläche fielen. Denn alle solche Strahlen machen rechte Winkel auf der Spiegelfläche. Strahlen aber, wie bd, ge, mh, ik ꝛc., welche parallel mit der Axe auf den Spiegel fallen, werden so zurückgeworfen, daß sie sich in und nahe bey einem Punkte f der Axe vereinigen. Dieser Punkt ist nun der Brennpunkt, in welchem die Strahlen der Sonne eine sehr starke Helligkeit und eine so starke Hitze hervorbringen, daß entzündbare Körper, welche sich daselbst befinden, sehr leicht in Brand gerathen. Des Strahls bd Einfallswinkel ist bdp. Er wird unter demselben Winkel nach der andern Seite zurückgeworfen; folglich ist bdf sein Reflexionswinkel. Des Strahls mh Einfallswinkel ist mhp, sein Reflexionswinkel ist mhf; des Strahls ik Einfallswinkel ist ikq, sein Reflexionswinkel ikf; des Strahls eg Einfallswinkel ist egq, sein Reflexionswinkel ist igf. Man mag sich nun so viele parallel einfallende Strahlen denken als man will,

so kommen sie nach geschehener Zurückwerfung alle bey f zusammen. Wegen der großen Entfernung der Sonne kann man annehmen, daß ihre Strahlen parallel auf die Spiegelfläche fallen. Denkt man sich nun die Summe von parallelen Sonnenstrahlen, welche auf die ganze Fläche des Spiegels kommen, so machen diese einen Strahlencylinder aus, dessen Dicke der Breite des Spiegels gleich ist. Alle Strahlen, die diesen cylindrischen Raum erfüllten, werden in den einzigen Punkt f zusammengebracht, folglich muß da wohl ihre Helligkeit und ihr Erwärmungsvermögen ausnehmend verstärkt werden, so verstärkt werden, daß obige Wirkungen leicht zu erklären sind.

Die Entfernung af des Brennpunktes f von der Spiegelfläche wird **Brennweite** genannt. Sie ist, wie die Erfahrung gelehrt hat und wie sich auch aus der Zeichnung ergiebt, dem **halben Halbmesser** gleich, d. h. sie ist um die Hälfte des Halbmessers ac von dem Spiegel entfernt. Ist also der Durchmesser

der Kugel, wovon der Spiegel ein Stück ausmacht, 8 Fuß, folglich der Halbmesser 4 Fuß, so ist die Brennweite 2 Fuß. Bey einem solchen Brennspiegel, welcher Sonnenstrahlen auffängt, müßte man also die Körper, die in Brand gesetzt werden sollen, 2 Fuß weit von der Mitte des Spiegels hinweg halten.

Schon die Alten sollen Brennspiegel gehabt haben. So behaupten mehrere Schriftsteller, daß der berühmte griechische Mathematiker Archimedes Brennspiegel von ungeheurer Wirkung verfertigt habe. Mit solchen Brennspiegeln soll er unter die Flotte des römischen Generals Marcellus, als dieser die Stadt Syrakus in Sicilien belagerte, Feuer gebracht und sie dadurch ganz vernichtet haben, obgleich die Schiffe ohngefähr 200 Schritte von der Stadtmauer entfernt waren. Der Spiegel, der auf eine Entfernung von 200 Schritte brannte, mußte also einer Kugel zugehören, dessen Durchmesser 800 Schritte betrug.

Ist auch die ganze Geschichte sehr unwahrscheinlich, so wäre es doch nicht unmöglich gewesen, einen Spiegel zu verfertigen, dessen Brennweite 200 Schritte betrug. Dies haben unter andern im Jahr 1747 die merkwürdigen Versuche des Grafen von Büffon bewiesen. Dieser setzte 168 mit Staniol belegte ebene Glasspiegel so zusammen, daß sie einen Hohlspiegel bildeten. Damit zündete er wirklich auf eine Weite von 200 Fuß Holz an.

In der Folge hat man viele sehr wirksame Brennspiegel verfertigt; unter diesen zeichneten sich vorzüglich diejenigen des sächsischen Edelmanns von Tschirnhausen aus. Die Brennweite von einem solchen Tschirnhausischen Spiegel betrug 2 Ellen. Er war aus einer Kupferplatte geschlagen, deren Dicke nicht viel mehr als zwey Messerrücken betrug; folglich konnte er leicht von einem Orte zum andern gebracht werden. Man hatte ihm eine ungemein gute Politur gegeben. Dieser Spiegel zündete in einem Augenblicke Holz mit

einer so starken Flamme, daß dieselbe nicht einmal von einem Sturmwinde ausgelöscht werden konnte. Wasser machte er in kurzer Zeit siedend und verdunstete es bald. Drey Zoll dickes Zinn und Bley schmolz er augenblicklich, und Eisenblech in seinem Brennpunkte bekam in kurzer Zeit ein Loch. Ein sächsischer harter Thaler wurde von ihm in 5 bis 6 Minuten durchlöchert; Steine, Ziegel und andere ähnliche Körper verglasete er außerordentlich schnell.

Solche sphärische Brennspiegel hat man nicht blos aus Metall, sondern auch noch aus manchen andern Materien, sogar aus Holz, Stroh, Pappe u. d. gl. verfertigt. Gärtner, ein geschickter Künstler zu Dresden, machte hölzerne Brennspiegel, welche den Tschirnhauseschen an Wirkung gleich gekommen seyn sollen. Solche Spiegel von Holz oder Pappe erhalten gewöhnlich einen Kreidengrund und werden dann, um einen hellen Glanz zu bekommen, vergoldet. Brennspiegel von Pappe mit Stroh recht glatt belegt, ver-

fertigte ein Ingenieur Naumann. Er soll damit Metalle geschmolzen haben.

Herr Waltersdorf brachte jetzt bey Ferdinand auch wieder den Versuch in Erinnerung, welcher bey der Zurückstrahlung der Wärme (Th. II. S. 222. f.) mit zwey einander genau gegenüber stehenden Brennspiegeln angestellt wurde. Die glühende Kohle in dem einen Brennpunkte entzündete ein Stück Zunder in dem andern mehrere Fuß weit entfernten Brennpunkte. Wenn nämlich in dem Brennpunkte f Fig. 1. Taf. V. des einen Brennspiegels ein glühender oder leuchtender Körper sich befindet, so werden alle Strahlen fd, fg, fh, fk ꝛc. desselben, welche auf die Spiegelfläche fallen, nach geschehener Reflexion parallel fortgehen, z. B. fd nach db, fg nach ge, fh nach hm, fk nach ki ꝛc. Der Einfallswinkel des Strahls fd ist jetzt fdq, sein Reflexionswinkel bdp; der Einfallswinkel von fg ist fgp, der Reflexionswinkel egq; ꝛc. Hier sind nun wieder Ein-

fallswinkel und Reflexionswinkel gleich, und dann bewirkt die Krümmung des Spiegels wieder, daß die Strahlen fd, fg rc., die aus dem Brennpunkte auf die Spiegelfläche fallen, nach geschehener Zurückwerfung parallel fortgehen müssen. Steht nun diesem Spiegel ein zweyter Spiegel so gegenüber, daß die Axen von beyden in einer und derselben geraden Linie liegen, so fängt der zweyte Spiegel die parallelen Strahlen von dem ersten auf, und verdichtet sie wieder eben so in seinem Brennpunkte, wie es der erste Spiegel Fig. 1. mit parallelen Strahlen gemacht hätte. Also Strahlen von einer glühenden Kohle in dem Brennpunkte f Fig. 1. des ersten Spiegels gehen nach geschehener Zurückwerfung von der Spiegelfläche parallel fort. Diese parallelen Strahlen werden so von dem zweyten Spiegel aufgefangen. Nach geschehener Zurückwerfung von diesem vereinigen sie sich wieder in dem Brennpunkte desselben. Es ist demnach leicht zu begreifen, warum in dem Brennpunkte dieses zweyten Spiegels die Hitze

beynahe so stark seyn muß, als in dem Brennpunkte des ersten Spiegels, wo sich die Kohle selbst befindet. Vor und hinter den Brennpunkten ist fast gar keine Wärme fühlbar; auch wird der Brennspiegel selbst gar nicht merklich erwärmt.

Die sphärischen Hohlspiegel besitzen indessen keinesweges die Eigenschaft, die zurückgeworfenen Strahlen genau in einen einzigen Punkt f zu vereinigen. Nur diejenigen Strahlen, welche unendlich nahe bey der Axe ac einfallen, bilden bey f einen eigentlichen Brenn-Punkt. Diejenigen Strahlen hingegen, wie bd, eg rc., welche weiter von der Axe auf die Spiegelfläche losgehen, vereinigen sich näher nach der Spiegelfläche zu als die übrigen, welche nicht so entfernt von der Axe einfallen. Man bekommt also um f herum keinen eigentlichen Brennpunkt mehr, sondern längs der Axe einen Brennraum. Aber selbst bey Strahlen, die etwas weit von der Axe einfallen, wird dieser Raum desto kleiner und einem Punkte desto

näher gebracht, je größer der Durchmesser des Spiegels bey einerley Breite ist, oder je größer die Kugel ist, wovon der Spiegel nur ein Stück ausmacht.

Ein parabolischer Hohlspiegel, d. h. ein solcher, wovon der Durchschnitt durch die Mitte eine Parabel (die bekannte krumme Linie des Kegelschnitts) bildet, ist ein weit vollkommnerer Brennspiegel, als der sphärische. Denn er wirft die Strahlen, welche parallel mit seiner Axe auf ihn fallen, so zurück, daß sie alle genau in einem einzigen Brennpunkte vereinigt werden. Aber parabolische Hohlspiegel genau zu schleifen, ist sehr schwer. Daher gehören parabolische Brennspiegel unter die Seltenheiten. Indessen hat der berühmte englische Astronom und Mechanikus Herschel die Kunst, parabolische Hohlspiegel zu schleifen in den neuern Zeiten zu einem hohen Grade von Vollkommenheit gebracht. Er wendet solche Hohlspiegel mit großem Vortheil bey seinen großen Fernröhren (den Spiegel-Teleskopen) an.

Auch Strahlen, die nicht parallel mit der Axe gehen, aber doch parallel auf den Hohlspiegel fallen, vereinigen sich vor demselben in einem Raume oder Punkte, nur nicht in der Axe, sondern über oder unter derselben, je nachdem die Strahlen von unten oder von oben her auf den Spiegel treffen. Jenseits des Brennpunktes laufen alle Strahlen, die in dem Brennpunkte vereinigt waren, wieder aus einander. Man kann sich davon überzeugen, wenn man die Strahlen df, hf, kf, gf ꝛc. verlängert. Fängt man diese Strahlen in f mit einer Fläche auf, so hat man das kleinste Bild des Gegenstandes (z. B. der Sonne), wovon die Strahlen herrühren. Geht man weiter von f weg, so ist das Bild größer, aber schwächer, und wird desto größer und desto schwächer, je weiter man sich mit jener Fläche von f entfernt. Dieselbe Erscheinung zeigt sich, wenn man von f aus sich der Spiegelfläche nähert.

Bedenkt man, daß Strahlen, welche parallel in den Hohlspiegel fallen, sich nach geschehener Reflexion in dem Brennpunkte vereinigen, und daß Strahlen, die aus dem Brennpunkte auf die Spiegelfläche kommen, nach geschehener Zurückwerfung parallel fortgehen, so kann man auch leicht schließen, daß Strahlen, welche aus einem Punkte der Axe kommen, der vor dem Brennpunkte, d. h. zwischen dem Brennpunkte und der Spiegelfläche liegt, nach geschehener Zurückwerfung auseinanderfahren (divergiren), hingegen Strahlen, die ein hinter dem Fokus liegender Punkt auf die Spiegelfläche schickt, zusammenfahren oder convergiren müssen. In letzterm Falle werden sie sich denn immer wieder, aber nicht im Brennpunkte, sondern hinter demselben, vereinigen. Hieraus kann man nun leicht auf folgende Art die übrigen vorhin erwähnten Erscheinungen mit den Bildern erklären, die sich im Hohlspiegel zeigen.

Gesetzt, Fig. 2. Taf. V. wäre mn ein sphärischer Hohlspiegel (es ist eigentlich nur ein Durchschnitt desselben). Ein Gegenstand AB, z. B. ein Pfeil, befinde sich vor dem Brennpunkte, d. h. zwischen dem Brennpunkte und der Spiegelfläche. Es fallen also von dem Pfeile AB unzählig viele Strahlen nach allen Richtungen auf die Spiegelfläche. Diese Strahlen werden unter einem Winkel zurückgeworfen, welcher dem Einfallswinkel gleich ist. Das Auge vor dem Spiegel, welches die zurückgeworfenen Strahlen empfängt, setzt nun wieder, wie bey ebenen Spiegeln, den Pfeil an die Stelle, oder es sieht das Bild des Pfeils da, wo die in's Auge fallenden Strahlen auszulaufen scheinen. Um diesen Ort des Bildes zu bestimmen, braucht man auch hier blos von dem obersten und untersten Punkte des Pfeils einen schief antreffenden Strahl und einen Perpendikulärstrahl auf der Spiegelfläche anzunehmen. Wo sich die verlängerten zurückgeworfenen Strahlen schneiden, da befindet sich wieder das Bild der Punkte.

Wäre Am ein schief auffallender Strahl von dem obersten Punkte A des Pfeils, so würde dieser Strahl nach mp zurückgeworfen. Der Perpendikulärstrahl Ar von demselben Punkte wird in sich selbst oder wieder nach rA zurückgeworfen. Denkt man sich nun die beyden reflectirten Strahlen rA und mp verlängert, so schneiden sie sich in a. Daselbst würden sich auch alle übrige von A hergekommene reflectirte Strahlen schneiden. Einem Auge, das vor dem Spiegel in der Richtung dieser zurückgeworfenen Strahlen sich befindet, wird es also vorkommen, als wenn dieselben von a ausliefen. Es sieht also bey a das Bild von dem Punkte A. Ist Bn ein schief auf die Spiegelfläche treffender Strahl von dem untersten Punkte B des Pfeils AB, und Bf ein Perpendikulärstrahl von demselben Punkte, nq der reflectirte schief auffallende Strahl, fB der reflectirte Perpendikulärstrahl, so treffen sich diese beyden, verlängert gedacht, in b; folglich sieht ein vor dem Spiegel befindliches Auge, wel-

ches die zurückgeworfenen Strahlen auffangen kann, das Bild des Punktes B in b. In dem Raume zwischen a und b ist also das ganze Bild a b des Pfeils AB enthalten; dieses Bild ist größer als der Pfeil selbst, und liegt weiter hinter der Spiegelfläche, als der Pfeil selbst vor der Spiegelfläche steht. Je näher der Pfeil an den Spiegel rückt, desto weniger divergiren die zurückgeworfenen Strahlen und desto kleiner erscheint sein Bild.

Rückt der Pfeil AB in den Brennpunkt, so giebt es gar kein Bild von ihm. Alsdann werden die meisten Strahlen, die von seinen verschiedenen Punkten ausgehen, parallel zurückgeworfen; einige von ihm werden nach der Reflexion convergirend, andere divergirend. Von den meisten reflectirten Strahlen giebt es daher keinen Durchschnitt; einige durchschneiden sich vor, andere hinter der Spiegelfläche. Es kann also in diesem Falle von keinem Bilde die Rede seyn; man

sieht nur ein Gemisch von unordentlich reflectirten Lichtstrahlen.

Sobald der Pfeil hinter den Brennpunkt kommt, wie AB Fig. 3. so sieht man das Bild ba nicht mehr hinter, sondern vor der Spiegelfläche und zwar in verkehrter Stellung, größer als den Pfeil AB, wenn dieser noch vor dem Mittelpunkte C des Spiegels sich befindet, kleiner, wenn er jenseits des Mittelpunkts liegt. Man denke sich wieder von dem obersten Punkte A sowohl, als von dem untersten Punkte B des Pfeils ein Paar Strahlen, einen schief auffallenden Strahl und einen Perpendikulärstrahl, wie Am und Ad, Bn und Be. Der Strahl Am wird nach ma, der Strahl Ad nach da, so wie der Strahl Bn nach nb, der Strahl Be nach eb zurückgeworfen. Verlängert man ma, da, und nb, eb, so schneiden sich diese verlängerten Strahlen nicht hinter der Spiegelfläche; sie laufen da vielmehr noch weiter aus einander. Es kann also hinter der Spiegelfläche keine Stelle geben,

wo die Strahlen herzukommen scheinen, folglich auch kein Bild. Aber vor der Spiegelfläche schneiden sich die reflectirten Strahlen, und zwar alle von A herrührende Strahlen schneiden sich unten in a, alle von B herrührende schneiden sich oben in b. Da nun die Summe des von A auf den Spiegel fallenden Lichts in a, die Summe des von B auf den Spiegel kommenden Lichts in b, so wie die Summe alles übrigen von AB auf den Spiegel fallenden Lichts zwischen a und b vereinigt wird, so giebt es vor der Spiegelfläche ein Bild ba, das in Hinsicht auf AB eine verkehrte Stellung hat. Dieses Bild ist ein wirkliches Bild, da hingegen alle vorhergehende Bilder nur eingebildet waren. Man kann es mit einer Fläche, die man in ab bringt, wirklich auffangen.

Entfernt man den Pfeil AB weiter von der Spiegelfläche, so behält das Bild ba zwar immer seine verkehrte Lage; es wird aber immer kleiner und kleiner, und rückt immer näher an den Brennpunkt des Spie-

gels. Das Bild eines sehr entfernten Gegenstandes, dessen einfallende Strahlen man für parallel halten kann (z. B. das Bild der Sonne) sieht man daher im Brennpunkte.

Am Abend desselben Tages, wo diesmal der Unterricht geschlossen wurde, fand Ferdinand einen großen, wohl 4 Ellen langen und 1 Elle breiten inwendig und auswendig schwarz angestrichenen, und inwendig auch hin und wieder mit schwarzem Sammet bezogenen Kasten. Die eine Hälfte des Kastens war über 1 Elle, die andere Hälfte nur ohngefähr $\frac{1}{3}$ Elle hoch. Er hatte oben verschiedene Deckel und Schieber, um mit Bequemlichkeit etwas hineinstellen zu können. Herr Waltersdorf stellte erst den gläsernen Hohlspiegel in den hohen Theil des Kastens. Dann steckte er in einen besondern Einschnitt des Deckels auf dem niedrigen Theile eine schön gemalte, ohngefähr $\frac{1}{2}$ Fuß lange menschliche Figur verkehrt, und zwar so in den innern Raum des Kastens, daß die Figur nach der

Spiegelfläche hingekehrt war. Zwey in den Kasten an die Seite gestellte Laternen mußten ihr Licht auf die Figur werfen. Nun wurde der Kasten, bis auf eine einzige, etwa $\frac{3}{4}$ Fuß lange und $\frac{1}{4}$ Fuß breite Oeffnung vorn in dem hohen Theile des Kastens, der Spiegelfläche gegenüber, verschlossen, und alle Lichter im Zimmer wurden ausgelöscht. Nach einigem Hin- und Her- oder Auf- und Niederrichten des Spiegels präsentirte sich ein schönes aufrechtes Bild in der Luft, und zwar das Bild von der verkehrt im Kasten befindlichen Figur.

Herr Waltersdorf rückte den Spiegel näher an die Figur; da wurde das Bild derselben, welches wirklich in der Luft schwebte, größer; er entfernte ihn weiter von der Figur, da wurde das Bild kleiner. Kurz, er konnte durch dieses Experiment alles das sehr schön erläutern, was er bisher über Erscheinungen in Hohlspiegeln auseinandergesetzt hatte. Alles war um so täuschender, da der Gegenstand selbst, wovon das Luftbild herrührte, nicht gesehen werden konnte.

Die Versuche wurden noch mit andern verkehrt in den Kasten gebrachten Gegenständen vermehrt. Am schönsten nahm sich der Versuch mit einem eben so versteckten Bouquet Rosen aus, wovon ein herrliches Bild in der Luft erschien. Herr Waltersdorf hatte den Hohlspiegel so gerichtet, daß das Bild der Rosen etwa 4 Zoll hoch über den Deckel der niedrigen Hälfte des Kastens fallen mußte. Er stellte an diese Stelle ein Glas Wasser auf den Kasten. Da kam das Bild der Rosen wirklich in das Glas Wasser; und dies war so täuschend, daß man in einiger Entfernung ein natürliches Bouquet Rosen in einem Glase Wasser zu sehen glaubte.

Der Kasten mußte überall recht schwarz seyn, damit er kein Licht auf den Spiegel schicken konnte, damit er alles Licht, was von den Laternen kam, gleichsam einschluckte. Blos von dem Gegenstande in dem Kasten sollten Strahlen auf den Spiegel fallen, damit blos von diesem ein Bild erschiene.

Hätten wir einen viel größern Hohlspiegel als diesen, womit wir unsere Versuche gemacht haben, fuhr Herr Waltersdorf in seiner Erklärung fort, so könnten wir in einem größern Kasten auch viel größere Gegenstände verstecken; wir könnten sogar erwachsene Menschen verstecken, wovon Luftbilder im Dunkeln erscheinen müßten. Diese Luftbilder würden begreiflich auch alle Bewegungen mit ihren Gliedern machen, wie sie die versteckten Menschen selbst machten. Eine solche Erscheinung müßte natürlich demjenigen, der den Grund davon gar nicht wüßte, der überhaupt von solchen durch Hohlspiegeln hervorgebrachten Phänomenen nie etwas gehört hätte, höchst auffallend und unerklärbar seyn. Wirklich haben Künstler, wie Breitrück u. a. die dergleichen Versuche mit großen Hohlspiegeln machten, leichtgläubige Menschen oft sehr erschreckt. Sie gaben ihre Luftbilder für Geistererscheinungen aus.

Zu solchen großen Versuchen gehören nothwendig zwey Hohlspiegel. Natürlich kann der Mensch nicht verkehrt in den Kasten gebracht werden, um aufrecht als Luftbild zu erscheinen. Hinter dem Brennpunkte des ersten Hohlspiegels macht der Mensch aufrecht stehend alle Verrichtungen, die das Bild zeigen soll. Das Bild, welches der erste Hohlspiegel macht, ist verkehrt; es darf nicht außerhalb des Kastens liegen, sondern muß in den zweyten Hohlspiegel fallen, der es wieder umkehrt und in die aufrechte Stellung bringt. Dieser zweyte Hohlspiegel muß nun so gerichtet seyn, daß er das Bild aus dem Kasten heraus in die Luft wirft, wo man es dann sehr täuschend, in Lebensgröße, oder noch größer sehen kann.

Wenn also Luftbilder, oder, wie man sie ehedem wohl nannte, Geister im Dunkeln nicht blos die Augen im Kopfe verdrehen, sondern auch mit dem Munde, Halse und allen übrigen Theilen des Körpers die natürlichsten Bewegungen machen; wenn man den zarte-

sten Faltenwurf der Kleider bemerkt; wenn man sieht, wie z. B. ein Todtengräber mit der Schaufel Erde ausgräbt, diese Erde an irgend eine Stelle wirft; wenn man die Erde selbst theilweise durch die Luft fliegen sieht; so können diese Bilder unmöglich von todten Gegenständen herrühren; wie sie entstehen, wissen wir jetzt recht gut zu erklären.

Nun aber haben in Hohlspiegeln blos diejenigen Strahlen einerley Vereinigungspunkt, welche gleich weit von der Axe auf die Spiegelfläche fallen. Da folglich eine große Menge von Vereinigungspunkten statt findet, so muß auch jeder Gegenstand eine eben so große Menge von Bildern geben, wovon freylich eins (durch nahe an der Axe einfallende Strahlen hervorgebracht) das Hauptbild ausmacht. Die große Menge von Nebenbildern (welche freylich nur schwach sind) verursacht eine Undeutlichkeit, welche man dadurch verringern kann, daß man die Spiegel nur wenige Grade fassen, d. h. kleine Stücke einer

großen hohlen Kugelfläche seyn läßt; oder daß man ihren Rand ringsum mit schwarzen Ringen, sogenannten Blendungen bedeckt, um nur diejenigen Strahlen zur Reflexion zu benutzen, welche nahe bey der Axe einfallen. Indessen verhindert man jene durch mehrfache Bilder verursachte Undeutlichkeit ganz, wenn man dem Spiegel eine parabolische Aushöhlung giebt.

Jetzt brachte Herr Waltersdorf einen erhabenen sphärischen Spiegel herbey, d. h ein solches Stück einer Kugel, dessen erhabene Fläche spiegelte. Ferdinand sah sich darin verkleinert, und zwar um desto mehr verkleinert, je weiter er sich von dem Spiegel entfernte. Das Bild schien näher hinter der Spiegelfläche zu seyn, als der Gegenstand selbst vor der Spiegelfläche sich befand. Aber nie kehrte sich das Bild um und nie kam es vor die Spiegelfläche. Es wurden noch ein Paar andere Convexspiegel gebracht, die mehr und weniger erhaben waren, d. h. zu kleinern und größern Kugeln gehörten. Die erstern

verkleinerten mehr, als die letztern. Thermometerkugeln, runde Knöpfe u. d. gl. bildeten gleichfalls erhabene Spiegel, die ein sehr kleines Bild zeigten.

Gesetzt, A B Fig. 4. Taf. V. wäre ein Gegenstand vor dem convexen Spiegel mn, Ae und Be wären ein Paar schief auffallende Strahlen von dem obersten und untersten Punkte des Gegenstandes, dp und eq wären diese Strahlen nach geschehener Zurückwerfung. Einem Auge, das vor der Spiegelfläche sich befindet, scheint der zurückgeworfene Strahl dp und der reflectirte Perpendikulärstrahl von dem Punkte a hinter der Spiegelfläche herzukommen. Von demselben Punkte würden auch alle übrige reflectirte Strahlen des Punktes A herzukommen scheinen. Der zurückgeworfene Strahl eq mit dem reflectirten Perpendikulärstrahle des Punktes B scheint von b auszulaufen; und von demselben Punkte würden auch alle übrige reflectirte Strahlen des Punktes B auszulaufen scheinen. Man sieht also von dem Punkte A das Bild bey a,

von dem Punkte B das Bild bey b. Von den zwischen A und B liegenden Punkten des Gegenstandes AB würden mithin die Bilder zwischen ab liegen; folglich wird ab selbst das Bild von AB seyn. Dieses Bild ist wegen der Divergenz der reflectirten Strahlen dp, eq u. s. w. kleiner als der Gegenstand, und liegt näher hinter der Spiegelfläche, als der Gegenstand selbst vor der Spiegelfläche steht. Natürlich ist die Divergenz bey einer größern Rundung des Spiegels, die mehr von einer Ebene abweicht, stärker, folglich verkleinern solche Spiegel noch mehr.

Wenn Strahlen parallel mit der Axe auf einen convexen Spiegel fallen, so werden begreiflich auch diese nach geschehener Zurückwerfung auseinander fahren. Denkt man sich diese reflectirten Strahlen hinter der Spiegelfläche verlängert, so vereinigen sie sich da in einem Punkte, welcher um die Hälfte des Halbmessers, wozu der Spiegel als Kugelsegment gehört, von der Spiegelfläche entfernt liegt. Man nennt diesen

Punkt, von welchem die Strahlen divergirend auszu= laufen scheinen, den Zerstreuungspunkt, oder auch den eingebildeten Brennpunkt, negativen Brennpunkt, so wie die scheinbare Entfernung desselben von dem Spiegel Zerstreuungsweite, oder negative Brennweite heißt.

Auch bey einem sphärischen Convexspiegel haben nicht alle Strahlen genau einen und denselben Zerstreuungspunkt; sie bilden vielmehr einen Zerstreuungsraum, wegen der Verschiedenheit der Strahlen=Divergenz. Daher findet bey dem Bilde immer eine Art von Verzerrung statt.

Wenn also bey ebenen Spiegeln das Bild die natürliche Größe wie der Gegenstand behält, bey Hohlspiegeln ein vergrößertes Bild des nahen Gegenstandes und bey erhabenen Spiegeln ein verkleinertes Bild erscheint, so läßt sich auch leicht der Grund einsehen, warum Spiegel, die an einigen Stellen eben, an andern erhaben sind, so wie erhabene Cylinder= und

Kegelspiegel, verzerrte Bilder darstellen müssen. Ebene Stellen lassen nämlich das Bild eines Theils von dem Gegenstande in der natürlichen Größe, erhabene Stellen lassen Theile desselben Gegenstandes verkleinert erscheinen, folglich können die verschiedenen Theile des Gegenstandes im Bilde nicht dasselbe Verhältniß gegen einander haben, wie dieselben Theile an dem Gegenstande selbst. Es muß also im Bilde eine Verzerrung statt finden. In Cylinder = und Kegelspiegeln kann man der Länge nach gerade Linien ziehen; aber nicht nach der Quere. Beyde Arten von Spiegeln wirken also der Länge nach wie ebene Spiegel, der Quere nach wie erhabene Spiegel. Der Länge nach stellen sie die Gegenstände im Bilde in ihrer ordentlichen Größe, der Quere nach hingegen verkleinert dar, und zwar die konischen oben immer mehr verkleinert als unten, weil die mit der Grundfläche parallelen Kreise nach der Spitze des Kegels zu immer kleiner werden.

Herr Waltersdorf holte solche Spiegel herbey. In einem Spiegel, welcher ein ebener zu seyn schien, hatte Ferdinand ein ganz schiefes Gesicht, weil sich an dem Spiegel hin und wieder erhabene Stellen befanden. In einem Cylinderspiegel (einer auf der krummen Seitenfläche blank polirten metallenen Walze) hatte Ferdinand ein ganz langes schmales Gesicht; in einem Kegelspiele (einem polirten metallenen Kegel) ein schmales, spitz zugehendes Gesicht. Nun wurden besonders gezeichnete recht breit ausgezogene Bilder auf den Tisch gelegt, und auf ein solches Bild wurde der Cylinderspiegel, wieder auf ein anderes der Kegelspiegel gesetzt. Da erschienen denn diese Bilder in den Spiegeln von regelmäßiger Gestalt. — Solche Zeichnungen mit einem Cylinder- oder Kegelspiegel, sagte Herr Waltersdorf, nennt man katoptrische Anamorphosen, katoptrische Verwandlungen (weil man die Wissenschaft von der Zurückwerfung der Lichtstrahlen Katoptrik nennt). Für den

Kegelspiegel sind die Figuren noch verzerrter, als für den Cylinderspiegel. Das Zeichnen der Figuren geschieht nach den Regeln der Verzerrung, wie sie durch die Spiegel selbst hervorgebracht wird. Weil nämlich die Spiegel einen Gegenstand sehr dünn und lang darstellen, so müssen die Zeichnungen, deren Bilder man in den Spiegeln sehen will, recht breit und kurz gemacht seyn, damit die Bilder in den Spiegeln nach richtigem Verhältniß erscheinen.

Zwey und vierzigstes Kapitel.

Von der Brechung der Lichtstrahlen im Allgemeinen.

Alle Körper sind durchsichtig, d. h. sie lassen Lichtstrahlen mehr oder weniger durch sich hindurch. So ist Luft, Wasser, Glas, der Diamant ꝛc. durchsichtig; so ist selbst Holz, Gold, Silber ꝛc., aber nur in dünnen Blättchen, durchsichtig. Vorzugsweise nennt man aber nur diejenigen Körper durchsichtige oder transparente Körper, welche sehr leicht und in Menge selbst dann Lichtstrahlen durch sich hindurchlassen, wenn die Materie des Körpers auch dick über einander gehäuft ist.

Woher kommt wohl die Durchsichtigkeit? Ist sie allein von der Porosität abhängig? Daß nicht derjenige Körper der durchsichtigste ist, welcher die größten und meisten Poren hat, wissen wir. Glas, Diamant, Wasser rc. sind ja viel dichter, als Kork, als Schwamm und als manche andere Körper, und doch sind sie bey weitem durchsichtiger. Die Theilchen der Körper müssen also noch andere Eigenschaften haben, vermöge welchen sie die Lichtstrahlen entweder durch ihre Poren hindurchlassen, (und dieses wäre bey durchsichtigen Körpern der Fall), oder den Durchgang derselben verwehren (welches bey undurchsichtigen Körpern geschähe). Wir wollen daher eine durch Attractivkraft (Th. I. S. 66. f.) hervorgebrachte Verwandtschaft der Lichttheilchen mit den Theilen der Körper annehmen. Oft ist diese Verwandtschaft größer, oft geringer. Ist sie recht groß, so werden die Lichtstrahlen aufgenommen. Sie bleiben aber nicht zwischen den Theilchen haften, weil die in ihnen wirkende Kraft stärker ist, als die

Attractivkraft der Körpertheilchen. Sie dringen daher eben so durch die Poren hindurch, wie Wasser durch die Poren eines Siebes, eines Stückes Löschpapier rc. läuft. Nur die Kraft an den Theilchen der schwarzen Körper ist der in den Lichtstrahlen wirkenden Kraft überwiegend. Die Lichtstrahlen werden daher von diesen Körpertheilchen gleichsam festgehalten, können nicht hindurch, und auch nicht wieder zurück. Ist hingegen die Verwandschaft geringe, so werden die Lichttheilchen von den Theilchen der Körper gleichsam abgestoßen, und dann können sie eben so wenig durch die Poren der Körper (selbst wenn diese Poren ziemlich groß wären) hindurchdringen, als Quecksilber nicht durch die Poren eines Florbeutels läuft, in welchen man es geschüttet hat.

Leicht begreift man nun auch folgende Erscheinung. Wenn ein Lichtstrahl unter einem schiefen Winkel aus einem gewissen Mittel, (oder aus einer gewissen Materie) in ein anderes durchsichtiges Mittel überfährt,

welches ihn stärker oder schwächer zieht, so ändert er seine Richtung. Diese Aenderung führt den Namen Brechung oder Refraction.

Gesetzt, CD Fig. 5. Taf. V. wäre ein schief auffallender Lichtstrahl, welcher die Oberfläche AB eines durchsichtigen Körpers bey D trifft. Alsdann wird dieser Strahl nicht in der Richtung CE fortgehen, sondern, wenn AB ihn stärker zieht, als das Mittel, worin er vorher war, in der Richtung DF; wenn AB ihn schwächer zieht, in der Richtung DK. Denkt man sich auf die Stelle D, wo der Lichtstrahl in den Körper AB eintrifft, ein Perpendikel gh, das sogenannte Einfallsloth oder Neigungsloth, gezogen, so kann man sagen: der Lichtstrahl CD wird gegen das Neigungsloth (nach dem Neigungslothe hin) gebrochen oder kommt in die Richtung DF, wenn er aus einem schwächer ziehenden Mittel in ein stärker ziehendes fährt; er wird aber von dem Neigungslothe hinweggebrochen, oder geht nach der Rich-

tung DK, wenn er aus einem stärker ziehenden Mittel in ein schwächer ziehendes trifft. Jeder senkrecht auffallende Strahl erleidet keine Brechung.

Den Winkel CDg, welchen der einfallende Strahl CD mit dem Neigungslothe macht, nennt man den Einfallswinkel oder Neigungswinkel; den Winkel HDF oder HDK, welchen der gebrochene Strahl DF oder DK mit dem Neigungslothe bildet, den Brechungswinkel, endlich den Winkel FDE oder KDE, welchen der gebrochene Strahl DF oder DK mit der Richtung CE des einfallenden Strahls macht, den gebrochenen Winkel.

Fälschlich nahm man ehedem an, jenes Gesetz der Brechung hänge blos von der verschiedenen Dichtigkeit der brechenden Körper ab; man glaubte z. B. ein Strahl müsse nach dem Perpendikel gh Fig. 5. hin gebrochen werden, wenn er aus einem dünnern in ein dichteres Mittel fährt; er müsse aber von dem Perpen-

dikel hinweggebrochen werden, wenn er aus einem dichtern in ein dünneres Mittel gelange. In den meisten Fällen trifft dieses freylich auch zu. Da aber der Grad der Brechung keinesweges blos von der Dichtigkeit oder Lockerheit, sondern vorzüglich von der stärkern oder geringern an den Theilchen der Körper wirkenden Attractivkraft abhängt, so ist es leicht zu erklären, daß jene Annahme bey manchen Körpern durch die Erfahrung widerlegt werden mußte. So ist z. B. Wasser dichter als Terpentinöhl und als Leinöhl, und doch wird der Strahl, welcher aus Wasser in jenes Oehl fährt, nach dem Perpendikel hin gebrochen, weil das Oehl ein stärker ziehendes Mittel als Wasser ist. Wasser und Glas aber sind stärker ziehende Mittel als Luft. Daher wird ein Lichtstrahl, der aus der Luft in Glas oder Wasser fährt, nach dem Neigungslothe hin gebrochen; wenn er aber aus dem Wasser und aus dem Glase in die Luft fährt, von dem Neigungslothe hinweggebrochen. Glas bricht die Lichtstrahlen stärker als Wasser.

Im Glase beträgt die Brechung ohngefähr $\frac{1}{3}$, im Wasser $\frac{1}{4}$ des Neigungswinkels, wenn letzterer etwa einen halben rechten Winkel oder 45 Grade ausmacht. Je schiefer der Strahl auffällt, desto mehr wird er gebrochen.

Die Attractivkraft der Körpertheilchen wirkt, wie wir z. B. bey den Haarröhrchen (Th. I. S. 74) gesehen haben, immer schon auf eine kleine Entfernung hin. So wie sie diese Wirkung auf Wasser und andere Flüssigkeiten äußert, so äußert sie dieselbe auch auf Lichtstrahlen. Die Ablenkung eines Lichtstrahls durch die Anziehungskraft des brechenden Körpers fängt nämlich schon an, sobald der Strahl in die Anziehungssphäre dieses Körpers kommt. Da nun die Anziehung mit der Nähe des Körpers zunimmt, so muß der Strahl eigentlich in einer krummen Linie sich in die neue Richtung DF oder DK Fig. 5. hineinlenken.

Daß aber auch die verstärkte Dichtigkeit eines und desselben Körpers den Brechungsgrad verstärken muß,

ist sehr begreiflich. Denn bey der größern Dichtigkeit eines und desselben Körpers, d. h. bey größerer Nähe gleichartiger materieller Theilchen ist natürlich auch in einem und demselben Raume eine größere Summe von Kräften wirksam, und eine größere Summe von Kräften zieht natürlich stärker, als eine geringere. Die atmosphärische Luft ist an einer und derselben Stelle nicht immer von gleicher Dichtigkeit; deswegen kann da auch die Brechung der Lichtstrahlen nicht immer einerley seyn. Luftschichten von verschiedener Höhe über der Oberfläche der Erde weichen, wie wir wissen, in Hinsicht der Dichtigkeit sehr von einander ab; die höhern Luftschichten sind dünner, als die niedrigern; je höher die Luftschichten sind, desto dünner sind sie. Ist ein Lichtstrahl in einen durchsichtigen Körper gedrungen, der überall gleiche Dichtigkeit hat, so geht der Lichtstrahl darin in der durch die Brechung erhaltenen Richtung fort. Verändert sich aber die Dichtigkeit des Körpers, so verändert sich auch die Richtung des Licht-

strahls. Daher kann auch ein Lichtstrahl, der schief durch die Luft fährt, nicht in einer und derselben Richtung fortgehen; er verändert seine Richtung alle Augenblicke und kommt in einer krummen Linie auf die Erde herab.

Drey und vierzigstes Kapitel.

Von den eigentlich sogenannten optischen Täuschungen.

Wenn wir alles das, was bisher über die Brechung der Lichtstrahlen gesagt ist, zusammennehmen, so können wir viele sehr auffallende Erscheinungen erklären, die wir zum Theil tagtäglich, zum Theil zu gewissen

Zeiten in der Natur wahrnehmen, und die gewöhnlich den Namen optische Täuschungen führen. So scheint uns z. B. ein unter Wasser befindlicher Körper immer näher nach der Oberfläche des Wassers zu liegen, als er wirklich liegt. Fische setzen wir der Oberfläche des Wassers immer näher, als sie wirklich sind. Jedes klare Wasser, worin man den Grund sieht, halten wir für nicht so tief, als es wirklich ist. Ein in's Wasser gehaltener Stab sieht dem Auge wie gebrochen aus. Ein Finger, in ein Glas Wasser getaucht und von der Seite betrachtet, erscheint doppelt. Wenn man sich von einer Tasse, worin ein Stück Geld liegt, so weit entfernt hat, daß man das Stück Geld nicht mehr sieht, und man läßt nun Wasser in die Tasse gießen, so wird das Stück Geld wieder sichtbar; u. d. gl. m.

Gesetzt, a und b Fig. 7. wären ein Paar Körper, z. B. ein Paar Geldstücke, die auf den Boden eines Glases liegen, welches voll Wasser ist, bc, ad wären

ein Paar Strahlen, die von den Körpern b und a ausgehen und schief an die Oberfläche des Wassers kommen. Diese Strahlen b c und a d gehen nicht in derselben Richtung fort nach b h und a g, sondern werden an der Oberfläche des Wassers gebrochen, und zwar, wenn man sich auf c und d ein Perpendikel gedenkt, von dem Perpendikel abwärts nach f und nach e, so daß c f und d e die gebrochenen Strahlen vorstellen. Da wir nun gewohnt sind, einen Gegenstand in unserer Vorstellung nach der Richtung zu setzen, in welcher die Strahlen unser Auge rühren, so wird auch ein Auge, das den Strahl c f empfängt, den Gegenstand b in der verlängerten Linie f c sehen, so wie ein Auge, das den Strahl c e empfängt, den Gegenstand a in der verlängerten Linie e d sehen wird. Denkt man sich nun c f so lang als c h, d e so lang als d g, und an den Endpunkten dieser Linie ein Auge, so wird die Höhe f k des Endpunktes f über dem Boden des Glases kleiner seyn, als die Höhe h m des Endpunktes h, so wie e i

kleiner als g l. Hieraus ist nun begreiflich, warum jeder Körper, der aus Wasser in Luft Strahlen nach dem Auge schickt, dem Auge näher zu liegen scheint, als er wirklich liegt.

Warum ein in's Wasser gehaltener Stab dem Auge wie gebrochen aussieht, oder von der Seite betrachtet, doppelt erscheint, ist nun auch leicht zu erklären. Nämlich Strahlen von dem über Wasser befindlichen Theile des Stockes oder Fingers kommen nach derselben Richtung in's Auge, in welcher sie ausgingen. Die ursprüngliche Richtung der Strahlen aber, welche von den unter Wasser liegenden Theilen des Stockes oder Fingers kommen, wird durch die Brechung aus Wasser in Luft abgeändert. Da also Strahlen, die nach einerley Richtung von einem und demselben Stocke oder Finger ausgehen, in zwey verschiedenen Richtungen ins Auge gelangen, so muß man wohl einen Theil des Stockes oder Fingers an dieser, den andern an je-

ner Stelle sehen, folglich muß der ganze Stock oder Finger entweder gebrochen oder doppelt erscheinen.

Wenn wir die Sonne eben über den östlichen Horizont kommen sehen, so ist sie eigentlich noch nicht aufgegangen, und wenn wir sie am westlichen Horizonte noch am Rande der Gebirge sehen, so ist sie eigentlich schon untergegangen. Könnten wir in dem Augenblicke, wo die Sonne eben aufgegangen ist, die ganze Atmosphäre hinwegtreiben, so würde die Sonne sogleich wieder unter den Horizont hinabsinken. Die Brechung der Sonnenstrahlen in der Luft ist Schuld daran, daß wir die Sonne schon vor dem eigentlichen Aufgange, und daß wir sie noch nach dem eigentlichen Untergange sehen. Ist nämlich die Sonne unter dem Horizonte, aber nahe an demselben, so würden ihre Strahlen, wenn keine Brechung derselben statt fände, in gerader Linie fortschießen, also unmöglich zu unserm Auge gelangen; da sie aber in der Luft gebrochen werden, so werden sie dadurch unserm Auge näher gebracht; und

da sie immer stärker gebrochen werden, je mehr sie sich der Oberfläche der Erde nähern, so kommen sie dadurch unserm Auge immer näher und näher; sie werden daher eigentlich, aus den schon weiter oben angeführten Gründen, in einer krummen Linie nach unsern Augen hingelenkt.

Vermöge dieser sogenannten astronomischen Strahlenbrechung erscheinen alle Gestirne höher am Himmel, als sie wirklich sind. Am Horizonte ist sie am stärksten, weil die Strahlen von da aus am schiefsten die Erde treffen. Die Veränderlichkeit der Strahlenbrechung in der Luft erschwert wirklich manche astronomische Beobachtung und manche Messung auf der Erde.

Der senkrechte Durchmesser der Sonne und des Mondes, so wie er uns in's Auge fällt, wird durch die Brechung mehr verkürzt, als der waagrechte; daher sehen diese Himmelskörper am Horizonte länglicht rund aus, besonders des Morgens, wenn ihre Strah-

len durch eine kältere, dichtere und feuchtere Luft mehr gebrochen werden. Auch das Blinkern der Fixsterne rührt von der brechenden Kraft der Luft und von der zitternden Bewegung der Dünste her, die sich in der Luft aufhalten. Dies Zittern der Luft sieht man oft an der zitternden Bewegung der Schatten hoher Thürme, auch wenn man Sachen durch Rauch oder Dampf betrachtet, oder wenn man Gegenstände über einem heißen Sandfelde ansieht, ꝛc. In der reinern Luft der Morgenländer blinkern die Fixsterne nicht. Warum die Planeten nicht blinkern; daran ist blos ihr schwächeres Licht schuld.

In Luftschichten von verschiedener Dichtigkeit entstehen nahe an der Erde durch die Brechung der Lichtstrahlen, vereint mit der Zurückwerfung derselben, die sogenannten Luftspiegelungen oder Luftbilder, welche oft die höchste Ueberraschung und den seltsamsten Anblick gewähren, in frühern Zeiten auch zu vie-

len Aberglauben Anlaß gegeben haben. So bemerkt man an den schwedischen Küsten oft die wunderbarsten Erscheinungen von dieser Art, die man Erhebung und Seegesicht nennt. Es werden nämlich Land oder Wasser, die ein undurchsichtiger Körper, z. B. ein Berg, dem Auge verbirgt, durch die Brechung und Zurückwerfung der Lichtstrahlen sichtbar gemacht. Weit abgelegene Inseln, Klippen und Wälder scheinen sich über das Wasser zu erheben, und wie auf Gittern zu stehen. Gegenden, die von Bergen und Waldungen völlig bedeckt sind, und durch die besten Fernröhre nicht gesehen werden können, werden zu gewissen Zeiten durch die Erhebung sichtbar, bisweilen sogar die niedrige Klippe, worauf der Gegenstand steht, den man sieht. Das sonderbarste bey der Erscheinung ist, daß alle Gegenstände, welche doch von verschiedener Größe sind, bey der Erhebung von einerley Größe zu seyn scheinen. So scheinen z. B. Klippen von 5 Fuß und andere von 50 Fuß hoch eine und dieselbe Höhe zu

haben. Sie zeigen sich insgesammt aufrecht, und nicht das Oberste zu unterst gekehrt.

Die stärksten Erhebungen ereignen sich zu Anfange des Frühjahrs, oder wenn das Eis auf dem Meere losgegangen ist; bey Sommerhitze werden sie undeutlicher, gegen den Herbst verbessern sie sich. Kälte, Hitze, Wind und Nebel hindern, jedes für sich, die Erhebung. Bey Annäherung des Windes sehen die Erhebungen aus, wie auf- und niederwärts gekehrte Tannenwälder, die sich spalteten, die wankten, zitterten und dann allemal verschwänden. Gegen Morgen und Abend, wenn die Sonne dem Horizonte ziemlich nahe gekommen ist, sieht man die Erhebungen immer am kräftigsten.

Starke Frühlingserhebungen zeigen die Gegenstände besonders sehr deutlich. Auf 7 bis 8 schwedische Meilen sieht man sie wie im hellsten Spiegel. Wälder, Berge, Häuser, selbst Rauch aus den Schorn-

steinen, behalten die feinsten Merkmale, wie sie wirklich in der Natur sind.

Auf der See zeigt sich Land oft deutlich, verschwindet aber wieder, zeigt sich abermals, u. s. w. Dieses eigentlich sogenannte Seegesicht sieht man nie hoch in der Luft, sondern immer nahe an der Meeresoberfläche. Oft sieht man an der schwedischen Küste vom Lande aus Landspitzen in der See liegen; man hält sie wirklich für Land, will hinzugehen und findet es auf einmal verschwunden. Gewöhnlich deutet das Seegesicht auf großen Sturm. Berge und Büsche sah man auch oft am Strande, wo keine waren.

Sehr berühmt ist die Seespiegelung in der Meerenge zwischen Calabrien und Sicilien. Bey warmen Frühlingstagen zeigen sich da eine Menge Säulen, Festungen, Schlösser, Waldungen, Menschen und Viehheerden in der Luft, und der Aberglauben, der dort ohnehin schon eine große Herrschaft über die Menschen hat, ist sehr geschäftig, diese Erscheinungen

nicht den Wirkungen der Natur, sondern andern Ursachen zuzuschreiben, welche oft die Gemüther der dasigen Bewohner mit der größten Angst füllt.

Der dänische Justizrath Niebuhr, welcher vor mehreren Jahren in Arabien herumreiste, sah einst bey Sues am rothen Meere und an vielen andern Stellen auf großen Sandheiden eine sehr überraschende Erscheinung. Ein Araber, den er in der Ferne erblickte, ritt zugleich auf seinem Kameele höher als eine Kirche in freyer Luft. Menschen haben sogar ihre eignen Gestalten in der Luft gesehen. Dies wiederfuhr unter andern den französischen Mathematikern de la Condamine, Godin und Bouguer im Jahr 1735 in Peru, wo sie zur richtigen Bestimmung der Figur der Erde merkwürdige Messungen anstellten. Der Consistorialrath Silberschlag aus Berlin, sah auf dem Brocken den Berg mit Haus und Personen in der Luft. Diese Erscheinungen waren ohnstreitig wahre Spiegelungen; sie waren gewiß mehr der Reflexion

als der Refraction der Lichtstrahlen zuzuschreiben. Wahrscheinlich befanden sich Luftschichten in einem solchen Zustande, daß sie Strahlen von irdischen Gegenständen eben so nach einer gewissen Gegend hin warfen, wie es der Hohlspiegel bey den weiter oben beschriebenen Versuchen that. Gewöhnlich waren diese Luftbilder auch verkehrt zu sehen.

Der berühmte Professor Büsch in Hamburg sah auch einigemal Bäume, Dörfer und andere Gegenstände an solchen Stellen, wo in der Wirklichkeit sich gar keine befanden. Sogar die Stadt Bremen sah er einmal in einer Wasserebene abgebildet; er erblickte die Weser in einer Gegend, wo sie sich gar nicht befand, u. d. gl. m. — Uns sind jetzt alle solche Erscheinungen in so fern erklärbar, weil wir wissen, es können durch Zurückwerfung der Lichtstrahlen wirkliche Luftbilder statt finden, und durch Brechung der Lichtstrahlen können Strahlen auf einem krummen Wege zu unsern Augen gelangen, sie können eben dadurch

von einer Gegend herkommen, zwischen welcher und unsern Augen Berge und andere erhabene undurchsichtige Gegenstände sich befinden.

Vier und vierzigstes Kapitel.

Von der Brechung der Lichtstrahlen in allerley Arten von geschliffenen Gläsern.

Wenn Lichtstrahlen, die in einen durchsichtigen Körper fallen, vor der Brechung parallel sind, so bleiben sie dies auch nach der Brechung, der durchsichtige Körper mag stärker, oder schwächer ziehend seyn. Divergirende Strahlen, die in ein stärker ziehendes

Mittel treten, werden weniger divergirend; mehr hingegen, wenn sie in ein schwächer ziehendes Mittel treffen. Convergirende Strahlen, die in ein stärker ziehendes Mittel übergehen, werden weniger convergirend; mehr aber, wenn sie in ein schwächer ziehendes Mittel treten.

Fahren Lichtstrahlen in einem solchen durchsichtigen Körper ein und aus, dessen brechende Flächen eben und parallel sind, so sind auch die ausfahrenden Strahlen mit den einfahrenden parallel. Gläser kann man z. B. so schleifen, daß zwey einander gegenüber liegende Flächen, mit deren einer man Lichtstrahlen auffängt, eben und parallel sind. Durch ein solches Glas erscheinen denn alle Gegenstände, wenn man das Glas vor ein Auge hält, eben so, als wenn man sie ohne das Glas betrachtet. Denn die Strahlen von den Gegenständen kommen eben so wieder aus dem Glase heraus, als wie sie in dasselbe einfielen. Hat man aber ein Glas, dessen eine Oberfläche aus mehreren Ebenen

besteht, die alle eine verschiedene Lage haben, so sind die brechenden Oberflächen nicht parallel, folglich können auch die ausfahrenden Strahlen nicht mit den einfahrenden Strahlen parallel seyn. Man sieht daher einen Gegenstand durch das Glas anders, als ohne das Glas, oft vervielfältigt, oft in einer andern Gestaltung.

Wenn man z. B. Gegenstände durch einen solchen dreyeckigten gläsernen Körper betrachtet, welchen man dreyseitiges Prisma nennt, so sieht man die Gegenstände an einer andern Stelle. Jeder Gegenstand, den man durch ein polyedrisches Glas oder Rautenglas ansieht, erscheint vervielfältigt. Ein solches Glas ist nämlich auf der einen Seite eben, auf der andern gegenüberliegenden aber enthält es eine Menge viereckigte rautenförmige Ebenen von verschiedener Lage. Jede Ebene für sich bricht die von einem Gegenstande herkommenden Strahlen, und jede Ebene vereinigt sie auch hinter sich an einer eigenen Stelle;

folglich muß man von dem Gegenstande, den man durch dies Glas betrachtet, so viele Bilder sehen, als das Glas Ebenen von verschiedener Lage besitzt.

Auf einem Stück Pappe von der Größe eines gewöhnlichen Quartblatts waren am Rande unordentlich durch einander allerley einzelne Theile von Menschen, Thieren, Pflanzen u. d. gl. gezeichnet; in der Mitte des Blatts befand sich ein kleines ordentliches Bild. Solcher Blätter mit verschiedenen Zeichnungen hatte Herr Waltersdorf viele. Er legte ein solches Blatt auf das Bret B einer eignen Vorrichtung Fig. 6. Taf. V. Das Bret enthielt über sich eine Röhre A, die mit dem Brete durch die Stäbe c und d verbunden war. Nun mußte Ferdinand sein Auge an a halten und durch die Röhre A das auf B liegende Blatt betrachten, dessen kleines in der Mitte befindliches Bild (ein Männchen, ein Bouquet, ein Thier u. d. gl. unter die Axe der Röhre A fiel. Er staunte, als das Bild in der Mitte des Blatts verschwunden war,

und an dessen Stelle ein anderes regelmäßiges Bild erschien.

Dieses Bild, sagte Herr Waltersdorf, ist aus den auf dem Rande des Blatts befindlichen Theilen auf folgende Art entstanden. Unten in der Röhre bey e sitzt ein Glas, dessen nach B gekehrte Fläche eben, die andere inwendige nach dem Auge oder nach a hingekehrte Seite aber pyramidenförmig geschliffen ist. Diese Pyramide hat vier Seiten, die nach den vier Seiten des auf B liegenden Blatts hingekehrt sind. Strahlen, welche von den Zeichnungen am Rande des Blatts auf das geschliffene Glas fallen, werden so gebrochen, daß sie sich insgesammt in der Axe der Röhre zu einem ordentlichen Bilde vereinigen. Das Bild in der Mitte des Blatts wird in einen Punkt zusammengedrängt und verschwindet demnach gegen das Uebrige. Auch von den Zeichnungen, die den Ecken oder Seiten der Pyramide gegenüber liegen, giebt es kein Bild, sondern nur von denjenigen Zeichnungen, welche den Sei-

tenflächen der Pyramide gegenüber sind. Allerdings setzt es immer eine gewisse Kunst voraus, die Zeichnungen so zu entwerfen, daß, nach geschehener Brechung der Strahlen von ihnen, hinter dem pyramidenförmigen Glase ein ordentliches Bild erscheint. — Man nennt solche Vorrichtungen dioptrische Anamorphosen, weil die Wissenschaft von der Brechung der Lichtstrahlen den Namen Dioptrik führt.

Wenn Lichtstrahlen in einem Glase ein- und ausfahren, woran die brechenden Flächen krumm sind, so können die ausfahrenden Strahlen nicht mit den einfahrenden parallel seyn. Sind die Flächen erhaben, so müssen die ausfahrenden Strahlen näher zusammenkommen oder convergiren; sind sie vertieft, so müssen diese Strahlen weiter auseinander gehen oder divergiren. Hierauf gründet sich nun auch die Einrichtung und Wirkung eigner erhabener oder convexer, vertiefter oder concaver geschliffener Gläser, welche man Linsen, Linsengläser oder Lupen

nennt. Der Gebrauch dieser Gläser ist ungemein groß. Besonders sind diejenigen von dem höchsten Nutzen, welche zur Unterstützung des Gesichts dienen.

Fünf und vierzigstes Kapitel.

Von den Linsengläsern insbesondere und von den Erscheinungen, welche sie bewirken.

Alle Linsengläser, welche in der Mitte dicker sind, als nach dem kreisförmigen Rande zu, werden erhabene Linsen, Convergläser genannt. Vertiefte Linsen, concave Linsen, Concavgläser hingegen heißen diejenigen, welche in der

Mitte dünner sind. Die convexen Gläser theilt man ein: 1) in convexconvexe, biconvexe oder doppeltconvexe Fig. 1. Taf. VI., welche auf beyden Seiten erhaben sind; 2) in planconvexe Fig. 2., welche eine ebene und eine erhabene Seite haben; 3) in mondförmige oder Menisci Fig. 3., die auf der einen Seite hohl und auf der andern erhaben, aber doch in der Mitte dicker sind, als am Rande. Ihre äußere Ründung ist gewölbter, als die innere Höhlung.

Von concaven Gläsern giebt es: 1) concavconcave, biconcave oder doppeltconcave, welche auf beyden Seiten hohl sind, wie Fig. 4. Taf. VI.; 2) planconcave, deren eine Seite hohl die andere eben ist, wie Fig. 5.; und 3) convexconcave, welche auf der einen Seite hohl, auf der andern erhaben, aber in der Mitte dünner sind, als am Rande, wie Fig. 6. Ihre innere Höhlung ist weniger gewölbt, als ihre äußere Ründung.

Sowohl die erhabenen, als die vertieften krummen Flächen aller Linsengläser sind fast immer kugelförmig (sphärisch), oder gehören einer Kugel von einem bald größern, bald kleinern Durchmesser zu. Sie werden durch Schleifen gebildet, und zwar in messingenen oder kupfernen sogenannten Schaalen oder Schüsseln, von der Gestalt, die man den Gläsern geben will. Zu convexen Gläsern gehören concave, und zu concaven Gläsern convexe Schüsseln. Man nimmt bey dem Schleifen Sand, Tripelerde und andere ähnliche Materien zu Hülfe. Die Schüsseln werden auf einer Schleifmaschine in umdrehende Bewegung gesetzt, und das Glas wird unbeweglich fest in die Schüsseln gehalten.

Vorderseite des Glases nennt man beym Gebrauch immer diejenige, welche nach dem Gegenstande hingekehrt ist, so wie die von dem Gegenstande abgekehrte unter Hinterseite verstanden wird. Die gerade Linie, welche nach der Richtung des Halbmessers

durch den Mittelpunkt beyder Oberflächen eines Glases geht, heißt Axe des Glases.

Strahlen, die in Converglåser einfallen, kommen nach der Brechung nåher zusammen, und weil dadurch eine Summe von Strahlen in einen engern Raum gebracht wird, so nennt man alle convexe Glåser oft Sammlungsglåser. Parallele Strahlen, so wie Strahlen, die nicht zu viel divergiren, werden in diesen Glåsern convergirend; alle divergirende Strahlen aber werden in ihnen weniger divergirend. Dies alles wird durch folgende Betrachtungen noch mehr erlåutert.

Gesetzt, ein Paar Strahlen ad, be Fig. 1. Taf. VI. fielen parallel mit der Axe auf ein doppelt convexes Glas. Alsdann werden diese Strahlen beym Eingange nach dem Perpendikel zu gebrochen. Sie nehmen also in dem Glase den Weg dm, en; folglich sind sie nun schon convergirend geworden. Beym Ausgange werden sie von dem Perpendikel hinweggebrochen. Dadurch werden sie noch mehr convergirend. Sie gehen dem-

nach, wenn sie aus dem Glase herausgekommen sind, in der Richtung mf, nf fort, und vereinigen sich in dem Punkte f, welcher Brennpunkt des Glases heißt. Der in der Axe einfallende Strahl ist perpendikulär auf der Fläche des Glases, und geht daher ungebrochen durch das Glas hindurch. Sind die einfallenden Strahlen Sonnenstrahlen, so wird die Summe der auf der Vorderseite des Glases einfallenden Strahlen in dem Brennpunkte hinter dem Glase so verdichtet, daß sie da Körper in Brand setzen können. Daher sind die converen Gläser auch Brenngläser, und die Benennung Brennpunkt erklärt sich auch hieraus wieder. Die genaue Vereinigung in einen eigentlichen Brennpunkt findet aber blos mit denjenigen Strahlen statt, welche sehr nahe bey der Axe einfallen. Sonst haben die Convergläser, eben so wie die Hohlspiegel, einen Brennraum, der bey Gläsern von großer Breite, deren Krümmung zugleich nur wenige Grade faßt (oder ein kleiner Theil einer großen Kugel ist)

am kleinsten ausfällt. Es giebt übrigens Brenngläser, die von erstaunender Wirkung sind, die augenblicklich brennbare Sachen entzünden, sehr strengflüssige Körper schmelzen ꝛc. Solche Brenngläser von 4 Fuß Breite haben unter andern die Herren von Tschirnhausen und Hartsoecker verfertigt.

Wenn beyde gekrümmte Flächen des biconvexen Glases einerley Halbmesser haben, so ist die Brennweite, d. h. die Entfernung des Brennpunktes von dem Glase, dem Halbmesser gleich. Bey dem planconvexen Glase Fig. 2. liegt der Brennpunkt weiter von dem Glase hinweg, so daß die Brennweite dem doppelten Halbmesser gleich ist. Bey dem mondförmigen Glase Fig. 3. geschieht die Vereinigung der Strahlen in einer noch größern Entfernung hinter dem Glase.

Herr Waltersdorf hatte mehrere convexe Gläser, womit er außer dem Entzündungs-Experiment, noch folgende Versuche machte. Er hielt sie erst nahe

an Gegenstände, z. B. an die Schrift in einem Buche. Da erschien die Schrift weiter von dem Glase hinweg und vergrößert, und zwar bey dem erhabneren Glase (dem Glase von kurzer Brennweite) größer, als bey dem weniger erhabnen (dem Glase von längerer Brennweite). Er entfernte darauf die Gläser weiter von der Schrift. Da wurde die Schrift noch größer, aber undeutlicher. Bald kam er an eine Stelle, wo die Schrift nicht mehr zu erkennen war, wo nur ein unordentliches Gemisch von Strahlen statt fand. Er rückte das Glas noch weiter von der Schrift hinweg, und nun erschien sie verkehrt, nicht mehr vor dem Glase (zwischen dem Glase und der Schrift), sondern hinter dem Glase (zwischen dem Glase und dem Auge). Es sah aus, als wenn sie auf dem Glase läge. Rückte er das Glas noch weiter von der Schrift hinweg, so blieb die Schrift immer verkehrt; sie wurde nur immer kleiner und kleiner.

Daß alle diese Erscheinungen so erfolgen müssen, kann man sich leicht durch Zeichnungen erläutern. Wenn Strahlen, die parallel auf das convexe Glas fallen, nach geschehener Brechung auf der Hinterseite des Glases in dem Brennpunkte vereinigt werden; so müssen umgekehrt, Strahlen, die aus dem Brennpunkte des Glases kommen, und auf das Glas fallen, nach geschehener Brechung und nach vollendetem Durchgange durch das Glas, hinter demselben parallel fortgehen. Man sieht dieses Fig. 1. Taf. VI., wenn man die Hinterseite des Glases zur Vorderseite macht. Sind hier fm und fn ein Paar auf das Glas fallende Strahlen, so sind da und eb die wieder herausgekommenen gebrochenen. Strahlen, die von einem Gegenstande hinter dem Brennpunkte herkommen, divergiren weniger, als die Strahlen aus dem Brennpunkte. Daher müssen sie, wie man Fig. 3. Taf. VII. sieht, nach geschehenem Durchgange durch das Glas, convergiren und sich mit den Perpendikulärstrahlen hin-

ter dem Glase zu einem wirklichen Bilde vereinigen, das in Hinsicht auf den Gegenstand verkehrt steht. So ist Fig. 3. Taf. VII. ab das verkehrte verkleinerte Bild von CD. Dieses Bild fällt desto weiter vom Glase hinweg, und wird desto größer, je näher der Gegenstand (z. B. die Schrift eines Buchs) am Glase liegt. Sehr entfernte Gegenstände aber machen ein ungemein kleines Bild, welches nicht viel mehr als um die Brennweite vom Glase entfernt ist.

Wenn der Gegenstand vor dem Glase, d. h. zwischen dem Brennpunkte und der Fläche des Glases liegt, so divergiren die auffallenden Strahlen noch mehr, als wenn sie aus dem Brennpunkte gekommen wären; sie bleiben sogar nach der Brechung noch divergirend. Es kann daher keine Vereinigung der Strahlen hinter dem Glase statt finden, sondern vor dem Glase nur eine eingebildete, folglich auch nur ein scheinbares Bild, größer als der Gegenstand selbst ist. Man braucht nur zwischen f und o Fig. 1.

Taf. VI. einen Pfeil zu zeichnen, von seinem obersten und untersten Punkte ein Paar schief auffallende Strahlen und ein Paar Perpendikulärstrahlen anzunehmen, die Brechung derselben, beym Eingange in das Glas nach dem Perpendikel zu (welches man immer an die Stelle setzt, wo der Strahl ein= oder ausfährt) und beym Ausgange von dem Perpendikel ab anzudeuten, und die aus dem Glase gekommenen gebrochenen Strahlen zu verlängern, so wird man die Stelle finden, wo das vergrößerte scheinbare Bild hinfällt. In allen Fällen, wo die Strahlen nach der Brechung divergirend bleiben, werden wir den Gegenstand an derjenigen Stelle zu sehen glauben, von welcher die divergirenden Strahlen herzukommen scheinen.

Eigentlich besteht jeder Gegenstand aus einer unendlichen Menge von Punkten; jeder Punkt schickt Strahlen auf ein vorgehaltenes Glas. Da nun das Glas von jedem Punkte ein Bild macht, so entsteht dadurch ein Bild des ganzen Gegenstandes. — Liegt

der Gegenstand im Brennpunkte, so giebt es weder ein eigentliches, noch ein scheinbares Bild, sondern blos ein unordentliches Gemisch von Strahlen.

Jetzt brachte Herr Waltersdorf auch eine Anzahl concaver Gläser herbey. Er hielt sie vor Gegenstände, z. B. vor die Schrift eines Buches. Da erschien die Schrift verkleinert, aber immer aufrecht, er mochte die Gläser so weit von der Schrift entfernen, als er wollte. Immer kleiner wurde die Schrift in größerer und größerer Entfernung. Je hohler das Glas (oder je kleiner der Durchmesser der Höhlung) war, desto mehr verkleinerte es den Gegenstand. Das Bild blieb aber immer ein eingebildetes oder scheinbares, welches vor dem Glase erschien, und zwar in geringerer Entfernung als der Gegenstand.

Alle concave Gläser bringen nämlich die hindurchgegangenen Strahlen weiter auseinander. Daher heißen sie auch Zerstreuungsgläser. Denkt man sich die hinter dem Glase auseinanderfahrenden Strah-

len rückwärts verlängert, so schneiden sie sich vor dem Glase. Es scheint uns also, als wenn jene divergirenden Strahlen aus einem Punkte der Axe herkämen, der vor dem Glase liegt. Man nennt diesen Punkt Zerstreuungspunkt oder eingebildeten Brennpunkt; seine Entfernung vom Glase heißt Zerstreuungsweite, negative oder eingebildete Brennweite.

Fallen z. B. die Strahlen ad und be Taf. VI. Fig. 4. 5 und 6. parallel in ein Hohlglas ein, so sind sie nach geschehenem Ausfahren durch die Brechung divergirend geworden, wie mx und nz. Der Perpendikulärstrahl co geht gerade hindurch. xm und zn rückwärts verlängert gedacht, treffen sich in f; folglich ist f der eingebildete Brennpunkt, fo die eingebildete Brennweite. Gehören beyde brechende Flächen des doppelt concaven Glases Fig. 4. zu einerley Halbmesser, so ist die negative Brennweite fo dem Halbmesser gleich. Ist die ebene Fläche des planconcaven Glases Fig. 5.

die vordere, so erleiden die einfallenden Strahlen nur eine Brechung, nämlich beym Herausgange aus dem Glase. So sind mx und nz Fig. 5. die gebrochenen Strahlen von den parallelen ad und be oder an und bn. Hier entfernen sich also die Strahlen nach geschehenem Durchgange weniger von der Axe; deswegen ist auch ihr Zerstreuungspunkt weiter von dem Glase entfernt. Macht man aber die concave Fläche zu der vordern, so findet in dem Glase eine doppelte Brechung statt, wovon man sich leicht durch eine Zeichnung überzeugen kann. Die zweyte Brechung ist nur viel schwächer als die erste. Durch weitere Untersuchungen hat man gefunden, daß bey einem solchen Glase die Zerstreuungsweite dem doppelten Halbmesser gleich ist. Bey einem convexconcaven Glase, wie Fig. 6. ist die concave Fläche krummer, als die convexe. Bey ihm liegt deswegen der eingebildete Brennpunkt noch weiter von der Fläche des Glases ab. Gehörten die hohle und die erhabene Fläche eines convexconcaven

Glases zu einerley Halbmesser, so würden die Strahlen darin wie in einem ebenen Glase gebrochen werden, dessen beyde Flächen parallel sind.

Wenn Strahlen nicht parallel in ein Hohlglas einfallen, so kann man wieder leicht ihre Durchschnittspunkte mit Perpendikulärstrahlen, folglich den Ort und die Lage des Bildes finden. Fallen Strahlen divergirend auf ein Hohlglas, so werden sie nach geschehener Brechung beym Herausfahren noch mehr divergirend. Sind die in ein Hohlglas fallenden Strahlen nur wenig convergirend, so können sie beym Herausfahren parallel oder gar divergirend geworden seyn. Sind die einfallenden Strahlen stark convergirend, so werden sie beym Ausfahren aus dem Glase weniger convergirend. Dieses alles kann man aus dem Bisherigen leicht begreifen, oder durch ähnliche Zeichnungen, wie auf Taf. VI. sich noch deutlicher machen.

Natürlich müssen alle Bilder, welche man durch Linsengläser sieht, desto genauer und deutlicher seyn,

je vollkommner die aus einem Punkte kommenden Strahlen wieder in einen Punkt vereinigt werden. Die kugelförmigen Oberflächen der Gläser verstatten aber keine so vollkommne Vereinigung. Denn diejenigen Strahlen, welche weiter nach dem Rande zu auffallen, werden näher bey dem Glase vereinigt, als diejenigen, welche in der Nähe der Axe das Glas treffen. Dadurch entsteht eine Verschiedenheit der Vereinigungspunkte und eine Undeutlichkeit bey den Bildern. Diese Undeutlichkeit wird desto größer, je kleiner der Durchmesser ist, dem die Krümmung des Glases zugehört, folglich je gewölbter das Glas ist. Eben deswegen wählt man auch zu manchen Fernröhren und zu andern sogenannten optischen Instrumenten am liebsten flache Gläser. Wo dieses aber nicht verstattet ist, da bedeckt man den Rand des Glases mit Blendungen oder schwarzen Streifen, um nur diejenigen Strahlen zu benutzen, welche nahe bey der Axe einfallen. — Den

vornehmsten Gebrauch aller Linsengläser werden wir nun bald näher kennen lernen.

Sechs und vierzigstes Kapitel.

Von dem Auge und von der Beschaffenheit des Sehens.

In der folgenden Stunde fand Ferdinand ein frisches Kalbsauge, ein kleines elfenbeinernes Auge und ein sehr großes künstliches Auge von Holz mit einigen Theilen aus Glas, auf dem Tische. Er merkte bald, daß er jetzt den Bau des Auges würde kennen lernen, des so bewunderungswürdig eingerichteten Werkzeugs, wodurch wir diejenige Empfindung erhalten, welche man Sehen nennt. Herr Waltersdorf fuhr nun auf folgende Art in der Unterhaltung fort. Der vor-

nehmste Theil des Auges, welcher von den Gegenständen, die um uns herumliegen, Bilder macht, deren Empfindung wir dann haben, ist eine doppelt convexe Linse, ganz so gestaltet wie ein biconvexes Linsenglas. Die Gestalt des ganzen Auges, oder des Augapfels (Bulbus oculi) kommt der Kugelgestalt sehr nahe; nur der vordere durchsichtige Theil ist weiter hervorragend. Sein Längendurchmesser beträgt beym erwachsenen Menschen 11⅓ Pariser Linien, also beynahe einen Zoll. Der Augapfel ist in der Augenhöhle (Orbita) durch sechs Augenmuskeln nach allen Seiten beweglich. Er kann durch die häutigen Augenlieder (Palpebrae), so wie durch die aus Haaren bestehenden Augenwimpern (Cilia) bedeckt, vor einfallenden Unreinigkeiten und zu starkem Lichte geschützt werden. Ueber den Augenwimpern befinden sich noch die Augenbraunen (Supercilia), ebenfalls zum Schutz gegen einfallende Unreinigkeiten und andere fremdartige Körper bestimmt.

Der Augapfel oder das eigentliche Auge selbst besteht aus Häuten und sogenannten Feuchtigkeiten zwischen den Häuten. Die harte oder feste Haut (Tunica sclerotica) macht die Gränze des ganzen Augapfels aus. Je mehr sich diese Haut dem Vordertheile des Augapfels nähert, desto dünner wird sie. Endlich wird sie ganz durchsichtig. Dieser durchsichtige Theil, durch welchen das Licht in das Innere des Auges dringt, heißt Hornhaut (Tunica cornea). Sie bildet den Abschnitt einer Kugel, deren Halbmesser kleiner ist, als der Halbmesser des übrigen Augapfels. Daher ist die Hornhaut hervorragend. Zunächst unter der harten Haut liegt die braune Haut, Gefäßhaut oder Aderhaut (Tunica choroidea). Sie ist äußerlich braun, inwendig beynahe schwarz und mit vielen Gefäßen versehen. Durch den Ciliarkreis oder das Strahlenband, aus Zellgeweben bestehend, ist die braune Haut mit der harten Haut verbunden. Aus dem Ciliarkreise entstehen die weiter ein=

wärts gehenden und bis an den Rand der Crystallinse reichenden Strahlenfasern (Processus ciliares), welche um der Crystallinse herum einen sehr schönen gestreiften Ring, den gefaltenen Ring oder den Strahlenkörper (Corpus ciliare) bilden.

Zwischen der Hornhaut und den Strahlenfasern liegt der Augenstern, der vermöge seiner dunkeln (blauen, braunen ꝛc.) Farbe die von der Axe der Linse entferntern Strahlen abhält, und gleichsam eine Blendung formirt. Die vordere Fläche des Augensterns heißt Regenbogenhaut (Iris), die hintere Traubenhaut (Uvea). In der Mitte des Augensterns befindet sich eine kreisrunde Oeffnung, das Lichtloch, Seheloch oder die Pupille (Pupilla). Blos durch dieses Loch kommt Licht in das Innere des Auges. Auf eine bewunderungswürdige Art erweitert sich die Pupille bey schwachem Lichte z. B. beym Lesen in der Dämmerung, und verengert sich bey starkem Lichte,

z. B. wenn man plötzlich aus der Dunkelheit in's Helle kommt.

Hinter dem Lichtloche liegt die Crystalllinse (Lens crystallina), ein fester, höchst durchsichtiger, aus einem eyweißähnlichen Stoffe bestehender, runder vollkommen biconvexer Körper, dessen hintere Fläche nur etwas erhabener ist, als die vordere. Die Crystalllinse ist in einer durchsichtigen Kapsel eingeschlossen. Der enge Raum zwischen beyden aber ist mit einer Feuchtigkeit ausgefüllt. Hinter der Crystalllinse liegt die Netzhaut, Markhaut oder Nervenhaut (Tunica retina). Sie ist gleichsam der Sitz der Empfindung, welche wir Sehen nennen; sie ist eine Verbreitung des Markes vom Sehenerven (Nervus opticus), welcher den Lichteindruck nach dem Gehirne fortpflanzt.

Eine wässerichte Feuchtigkeit erfüllt den vordern Theil des Auges zwischen der Hornhaut und der Kapsel der Crystalllinse. Der Augenstern theilt

eigentlich den ganzen Raum in die vordere und hintere Kammer ein. Beyde Kammern haben durch die Pupille Gemeinschaft mit einander. Beyde werden von der wässerichten Feuchtigkeit ausgefüllt, welche die Hornhaut in die Höhe treibt. Den größern Theil des Auges hinter der Crystallinse füllt die sogenannte Glasfeuchtigkeit aus. Sie besteht aus einer sehr klaren und durchsichtigen Gallerte.

Alle diese verschiedenen Theile des Auges hatte Herr Waltersdorf erst an dem elfenbeinernen Modelle gezeigt, das er bis auf die Netzhaut auseinander nehmen konnte, und dann auch an dem natürlichen Kalbsauge, das er vor den Augen seines jungen Zuhörers anatomirte.

Wenn nun Strahlen von einem Gegenstande auf das Auge fallen, so gehen sie erst durch die Hornhaut, und werden von dieser schon etwas zusammengelenkt. Dann fahren sie durch das Lichtloch und kommen auf die Crystallinse. In dieser werden sie wieder gebro-

chen und hinter derselben zu einem Bilde vereinigt, welches, in Hinsicht des Gegenstandes verkehrt auf die Netzhaut fällt. Die Netzhaut pflanzt den Lichteindruck, den das Bild macht, durch den Sehenerven nach dem Gehirne fort. Da die Crystallinse sehr klein ist, so hat sie eine sehr kurze Brennweite. Deswegen brauchte auch die Netzhaut, welche das Bild auffängt, gar nicht weit von der Crystalllinse entfernt zu seyn.

Am deutlichsten sieht man im Durchschnitt auf eine Entfernung von 8 Zollen. Um deutlich zu sehen, kommt es darauf an, daß die in das Auge einfallenden Strahlen auf der Netzhaut genau zu einem Bilde vereinigt werden. Nun muß man erst folgendes bedenken. Das Bild eines entfernten Gegenstandes befindet sich immer nahe hinter der Linse; das Bild einer nahen Sache liegt weiter von ihr hinweg. Bey einerley Entfernung von einem Gegenstande und zweyerley biconvexen Linsen hat die erhabenste das Bild des Gegenstandes am nächsten hinter sich. Soll daher

bey Betrachtung eines nähern und entferntern Gegenstandes das Bild deutlich auf die Netzhaut fallen, damit man den näheren und entfernteren Gegenstand deutlich sehen könne, so muß mit der Crystallinse stets eine Veränderung vorgehen; sie muß bey Betrachtung eines nähern Gegenstandes (dessen Bild weiter von der Linse hinwegfällt) weiter von der Netzhaut sich entfernen, oder die Linse selbst muß erhabner werden; bey Betrachtung eines entferntern Gegenstandes (dessen Bild näher an die Linse fällt), muß die Linse entweder näher an die Netzhaut rücken, oder die Linse selbst muß flacher werden. Wenn wir sehr nahe und sehr entfernte Gegenstände betrachten wollen, so fühlen wir in der That eine Anstrengung, woraus sich auf eine solche Veränderung der Linse wohl schließen läßt.

Nun giebt es allerdings viele Augen, welche innerhalb gewisser Gränzen in der Nähe und in der Ferne gleich deutlich sehen. Es giebt aber auch Augen, welche blos in der Ferne, und andere, die blos in

der Nähe deutlich sehen. Ein Auge, das nur in der Ferne deutlich sieht, heißt weitsichtig (presbyta); ein Auge, dem nur in der Nähe die Gegenstände deutlich sind, heißt kurzsichtig (myops). Bey jenem fällt das Bild einer nahen Sache immer hinter die Netzhaut, oder über die Netzhaut hinaus; bey diesem fällt das Bild einer entfernten Sache immer vor die Netzhaut oder zwischen die Netzhaut und die Crystalllinse. Menschen, wie Jäger, Bauern ꝛc, die weit öfter entfernte, als nahe Gegenstände betrachten, sind gewöhnlich weitsichtig; andere, wie Gelehrte, die weit öfter nahe, als entfernte Gegenstände betrachten, sind gewöhnlich kurzsichtig. Durch Uebung kann nämlich das Auge eben so gestärkt werden, als andere Glieder des menschlichen Körpers; es kann aber auch eben so verwöhnt werden. So kann die Crystalllinse der Jäger, der Bauern ꝛc. durch öftere Betrachtung entfernter Gegenstände, deren Bilder nahe an die Linse fallen, sich so gewöhnt haben, daß sie ihren Ort nahe an der

Netzhaut nicht leicht wieder verläßt, oder auch, daß sie ihre flacher gewordene Gestalt beybehält. Eben so kann die Crystallinse der Gelehrten 2c., durch öftere Betrachtung naher Gegenstände, aus ihrer weiteren Entfernung von der Netzhaut nicht wieder herausgehen, oder ihre erhabner gewordene Gestalt nicht eigenmächtig wieder abändern.

Bedeutet CD Fig. 3. Taf. VII. die Crystallinse des Auges, AB einen Gegenstand vor derselben und ab ein verkehrtes verkleinertes Bild auf der Netzhaut, so begreift man leicht folgendes. Wenn sich die Entfernung des Gegenstandes AB von der Crystallinse CD vergrößert, so fällt das vollkommene Bild ab näher an CD. Es liegt dann nicht mehr auf der Netzhaut, folglich kann darauf kein ordentlicher Lichteindruck mehr statt finden. Kann aber die Crystallinse mit jedem Augenblicke der größern Entfernung näher an die Netzhaut rücken, oder kann sie flacher werden, so kann dadurch das Bild wieder auf die Netzhaut

kommen. Ist die Entfernung des Gegenstandes AB von CD fast immer groß, so bleibt CD gleichsam durch eine Art von Verhärtung, die durch Gewohnheit entstand, entweder immer in der größten Nähe zu der Netzhaut, oder in dem flach gewordenen Zustande. Betrachtet nun das Auge (welches in diesem Falle weitsichtig ist) nahe Gegenstände, so sieht es diese nicht deutlich, weil ihr Bild hinter die Netzhaut fällt, und die Crystallinse nicht mehr im Stande ist, sich von der Netzhaut weiter zu entfernen oder erhabener zu werden, um das Bild auf die Netzhaut zu bringen. Man kann sich daher, um mit solchen Augen nahe Objekte deutlich zu sehen, blos durch erhabene Linsengläser oder Brillen helfen, die man vor die Augen hält. Diese Gläser bringen die Strahlen hinter sich näher zusammen; die Strahlen kommen also mehr convergirend in's Auge, sie verkürzen mithin die Entfernung des Bildes von der Crystallinse so, daß es ordentlich auf die Netzhaut fallen muß. Die

Augengläser oder Brillen der Jäger und Bauern, wodurch sie z. B. lesen, sind in der Regel auch immer convex.

Verringert sich die Entfernung des Gegenstandes AB von der Crystalllinse CD, so fällt das vollkommene Bild ab weiter von der Crystalllinse hinweg. Es fällt dann gleichsam hinter die Netzhaut; daher kann dann wieder kein ordentlicher Lichteindruck empfunden werden. Kann aber die Crystalllinse bey der geringen Entfernung des Gegenstandes vom Auge weiter von der Netzhaut hinwegrücken, oder kann sie erhabner werden, so kann dadurch das Bild wieder auf die Netzhaut gelangen. Hat das Auge aber fast immer nahe Gegenstände zu betrachten, ist folglich die Entfernung des Gegenstandes AB von CD fast immer gering, so bleibt CD wieder durch die Gewohnheit entweder immer in der größten Entfernung von der Netzhaut oder in dem erhabner gewordenen Zustande. Betrachtet nun das Auge (welches hier kurzsichtig ist)

entfernte Gegenstände, so sieht es diese nicht deutlich, weil das Bild derselben näher an die Crystallinse, folglich vor die Netzhaut fällt, und weil die Crystallinse gleichsam durch eine Art von Verhärtung sich der Netzhaut nicht mehr nähern oder auch nicht mehr flacher werden kann, um das Bild auf die Netzhaut zu bringen. Deswegen hilft sich ein solches kurzsichtiges Auge bey Betrachtung entfernter Objekte durch vorgehaltene Hohlgläser. Diese zerstreuen die Strahlen, sie machen, daß die Strahlen von Gegenständen mehr divergirend in's Auge kommen, folglich setzen sie das Bild weiter hinter die Linse hinaus, und zwar so, daß es ordentlich auf die Netzhaut fallen muß. Die Augengläser oder Brillen der Gelehrten sind wirklich in der Regel blos Hohlgläser.

Da der Grad der Weitsichtigkeit und Kurzsichtigkeit bey verschiedenen Menschen sehr verschieden ist, so kann man leicht einsehen, daß auch die Augengläser einen eben so verschiedenen Grad von Convexität und

Concavität besitzen müssen. Je weitsichtiger das Auge ist, desto erhabener muß das Glas seyn, womit es in der Nähe sehen will; je kurzsichtiger das Auge ist, desto hohler muß das Glas seyn, womit es in die Ferne sehen will. Eine Regel sollte es aber für Jeden seyn, keine andere, als solche Augengläser zu gebrauchen, womit man nur etwas besser sehen kann, als mit bloßen Augen. Conservirbrillen für gesunde Augen sind Undinge. Eine Brille ist immer eine Krücke, sagt der große Lichtenberg sehr treffend, und Krücken für gesunde Gliedmaßen wird kein vernünftiger Mensch gebrauchen.

Weil die Crystallinse so klein ist, und weil die Netzhaut nicht weit hinter der Crystallinse liegt, so muß auch das Bild auf der Netzhaut viel kleiner seyn, als der Gegenstand. Eben deswegen kann auch unser Urtheil über die wahre Größe des Gegenstandes nicht von dem Bilde allein bestimmt werden; wir müssen erst, wie weiter oben (S. 105 f.) gelehrt worden ist,

vielfältige Erfahrungen und Uebung erlangt haben, um daraus über die Größe eines Gegenstandes ein ordentliches Urtheil zu fällen.

„Aber," fragte Ferdinand, „wie kommt es, daß wir alle Gegenstände aufrecht sehen, da doch das Bild derselben verkehrt auf der Netzhaut liegt? Und woher kommt es, daß wir nicht alle Gegenstände doppelt sehen, da wir doch zwey Augen, folglich zwey Crystallinsen und zwey Netzhäute haben?"

Allerdings, erwiederte der Lehrer, liegen die Bilder in Hinsicht der Objekte verkehrt auf der Netzhaut. Aber dieser verkehrten Bilder sind wir uns nicht bewußt; denn alle Bilder im Auge haben unter sich selbst dieselbe Lage, wie die zugehörigen Gegenstände, alle haben dasselbe räumliche Verhältniß zu einander, welche die Gegenstände besitzen. Es kommt ja beym Sehen nicht darauf an, was das Bild für eine Lage auf der Netzhaut habe, wenn diese Lage nur in Beziehung der Lagen gegen alle Theile des Ganzen die-

selbe ist, wie bey den Gegenständen. Wir haben ohnstreitig in der zartesten Kindheit nicht gewußt, was oben oder unten ist; erst durch Erfahrung haben wir gelernt, das für unten zu halten, was der Erde am nächsten sich befindet. Da nun das Bild durch öftere Wiederholung beständig einerley Lage auf der Netzhaut hatte, so mußte unser Urtheil über oben und unten durch Vergleichungen entstehen. Erst nach und nach bekam unsere Seele die gehörigen Vorstellungen hiervon. Bedenken wir also, daß alle Gegenstände sich verkehrt auf der Netzhaut abbilden, daß wir folglich noch immer dasjenige oben sehen, was oben ist, so wird man sich leicht von der Idee losmachen, als säße unsere Seele hinter dem Auge gleichsam auf einem Throne, und betrachte von da aus den auf der Netzhaut abgebildeten Gegenstand. Oben bleibt uns ewig, was von der Oberfläche der Erde am entferntesten, und unten, was ihr am nächsten ist. Verkehrt erscheint das Bild eines Gegenstandes auf der Netz-

haut, wenn das, was an dem Gegenstande das unterste ist, auf einem höher liegenden Theile der Netzhaut, und das, was an dem Gegenstande das höchste ist, auf einem niedriger liegenden Theile der Netzhaut sich abbildet. Wenn sich nun Alles verkehrt auf der Netzhaut abbildet, so bildet sich ja auch die Oberfläche der Erde auf dem höchsten Theile der Netzhaut ab, so bilden sich ferner auch alle übrigen Gegenstände so auf derselben ab, daß, was vorher oben und unten war, es auch jetzt noch ist, folglich bleibt Alles beym Alten, d. h. alles bleibt für unsere Seele aufrecht.

Kehrt man ein Gemälde um, so behalten doch alle Gegenstände auf dem Gemälde noch immer einerley Lage gegen einander. So stehen z. B., wenn es eine Landschaft vorstellt, noch alle Bäume, Häuser, Menschen rc. mit ihrem untersten Theile auf dem Erdboden; kein Gegenstand auf dem Gemälde steht verkehrt. Das ganze Gemälde steht nur verkehrt in Hinsicht der außer

ihm befindlichen Gegenstände. Dieses Beyspiel kann die eben erläuterte Erscheinung noch deutlicher machen.

Gewohnheit und Uebung ist auch die Ursache, warum wir mit zwey Augen nicht doppelt sehen. Von der frühesten Jugend an haben wir gelernt, daß, wenn zwey übereinstimmende Punkte der beyden Netzhäute gerührt werden, der Eindruck des Bildes auf diese Häute, folglich der Gegenstand selbst, nur einfach ist. Fallen die Bilder nicht auf solche übereinstimmende Stellen der Netzhäute, z. B. durch das Schiefsehen, oder durch das Verdrehen der Augen rc., so sehen wir die Gegenstände auch wirklich doppelt.

Ohnstreitig hat es mit dem Doppeltsehen dieselbe Bewandniß, wie mit dem Doppeltfühlen. Mit zwey, drey, vier und mehr Fingern fühlen wir jeden Gegenstand, z. B. ein Kügelchen, doch nur einfach. Schlagen wir aber einen Finger über einen andern benachbarten,

und fühlen dann das Kügelchen auf diese ungewöhnliche Art mit den beyden Fingern, so haben wir ganz das Gefühl von zwey Kügelchen.

Wer ein Paar gesunde Augen hat, der sollte sie auch auf das Beste zu conserviren suchen. Besonders muß man dahin trachten, daß man, wo möglich, stets ein gleichförmiges Licht erhält. Man muß sich ja vor dem öftern und plötzlichen Uebergange aus dem Dunkeln in's Helle hüten. Bey zu grellem Lichte muß man nie solche Arbeiten verrichten, wozu eine Anstrengung der Augen erforderlich ist. Vornehmlich sind solche Arbeitszimmer zu vermeiden, in die das Sonnenlicht von gegenüberliegenden weiß angestrichenen Häusern reflectirt wird. Auch im Schnee zu gehen, worauf die Sonne scheint, ist den Augen sehr schädlich.

Beym Schreiben oder Lesen muß man sich so setzen oder stellen, daß das Licht von der Seite einfällt. Nie sollte das freye Tageslicht und noch viel weniger das volle oder reflectirte Sonnenlicht die Augen des Schla-

fenden treffen. Man muß nie in die Sonne, nie in den Blitz sehen. Im Dunkeln dem Blitzen zuzusehen ist vollends sehr schädlich. Schon oft sind Menschen durch ein solches unvorsichtiges Benehmen blind geworden. Sitzt man in einem dunkeln Zimmer, und auf einmal wird ein brennendes Licht gebracht, so muß man die Augen eine Zeitlang von dem Lichte abkehren oder sie verschließen, und erst nach und nach sie ganz öffnen.

Auch bey dem Gebrauch der Lichtschirme ist eine große Behutsamkeit nöthig. Solche Lichtschirme taugen nichts, die einen Theil des Zimmers sehr merklich verdunkeln. Denn nichts ist den Augen schädlicher, als Licht mit scharf angränzendem Schatten. Die grünen matten durchsichtigen Lichtschirme, die das Zimmer nur unmerklich verfinstern, sind daher die besten. Ueberhaupt erfordern alle Erleichterungsmittel, die man dem Auge durch Dunkelheit verschaffen will, die höchste Vorsicht. Am Tage kann ebenfalls alle erkünstelte

Verdunkelung, selbst mit grünen Vorhängen, schädlich seyn, theils, weil man nicht lange darin aushalten wird, theils weil doch immer noch Ritzen oder Stellen übrig bleiben, durch welche das helle Licht in die Dunkelheit dringt.

In der Dämmerung sollte man nie schreiben oder lesen. Denn so viel wie möglich muß man alle anhaltende Anstrengung der Augen vermeiden; eben deswegen sollte man auch öfters in den Beschäftigungen abwechseln. Bey Einem Lichte sollte man des Abends nie lesen und schreiben, sondern bey zwey oder drey Lichtern. — Trefflich bekommt es den Augen, wenn man sie oft in die freye Luft, besonders auf grüne Wiesen oder auf grüne Felder bringt, und sie da mit Sehen in die Ferne beschäftigt.

Die auffallendsten Gebrechen der Augen sind der graue und der schwarze Stahr. Ersterer besteht in der Verdunkelung oder in dem Undurchsichtigwerden der Crystallinse. Durch das Stahrstechen wird

diesem Uebel abgeholfen. Man zieht nämlich die Crystalllinse mittelst der Stahrnadel oder des Stahrmessers heraus, oder drückt sie hinweg. An ihre Stelle tritt dann eine andere durchsichtige Feuchtigkeit, welche die Strahlen eben so bricht und eben solche Bilder auf der Netzhaut macht, wie die Crystalllinse. Freylich müssen viele Operirte sich der Stahrbrillen bedienen, um die Brechung zu verstärken, damit die Vereinigungspunkte der Strahlen nicht zu weit hinter die Netzhaut fallen.

Der schwarze Stahr besteht in der Lähmung oder Unempfindlichkeit des Sehenervens und der Netzhaut. Er ist in den meisten Fällen inkurabel. Ist blos die Hornhaut trübe oder undurchsichtig geworden, so sagt man, das Auge habe ein Fell. Das Falschsehen, das Nichtsehen der Farben, das Sehen der Netze und Punkte, das Nachtsehen (wo man nur des Nachts deutlich sieht) das Schiefsehen, das Schielen ꝛc. sind Fehler, die theils

von einer ungewöhnlichen Beschaffenheit der Feuchtigkeiten in den Augen, theils von Entzündungen, theils von zu großer Empfindlichkeit der Pupille, theils von der Ungleichheit in der Güte der Augen und von andern Umständen herrühren.

Zuletzt zeigte Herr Waltersdorf noch das große künstliche Auge von Holz, worin als Crystalllinse ein biconvexes Glas eingesetzt werden konnte. Ein matt geschliffenes Glas hinter dem Brennpunkte jenes Glases vertrat die Stelle der Netzhaut. Wurde das Auge mit dem convexen Glase nach Gegenständen hingerichtet, so bildeten sich diese Gegenstände verkehrt und verkleinert auf dem matt geschliffenen Glase ab. Schob man ein flacheres convexes Glas ein, so wurde das Bild undeutlich; denn es fiel hinter das matt geschliffene Glas. Es wurde wieder deutlich, wenn man eine Brille mit convexen Gläsern vor das erhabene Glas brachte. Schob man ein erhabneres Glas ein, so wurde das Bild ebenfalls undeutlich, weil es vor

das matt geschliffene Glas fiel. Durch eine vorgehaltene Brille mit concaven Gläsern wurde es wieder deutlich, weil dadurch das Bild wieder weiter zurückgebracht wurde. — So konnte man also durch dieses Werkzeug eine deutliche Idee von der Beschaffenheit des Sehens, von der Kurzsichtigkeit und Weitsichtigkeit, und von der Wirkung der Augengläser erhalten.

Sieben und vierzigstes Kapitel.

Von Mikroskopen, Fernröhren und ähnlichen optischen Instrumenten.

Der Nutzen der Vergrößerungswerkzeuge und der Fernröhre ist unaussprechbar. Ohne sie würden die vornehmsten Zweige der Naturwissenschaften noch ganz in ihrer Kindheit liegen; ohne sie würden so viele Entdeckungen in Wissenschaften und Künsten gar nicht gemacht seyn. Man denke sich z. B. nur den Zustand der Naturgeschichte und Astronomie, wenn nie Vergrößerungsinstrumente und Fernröhre existirt

hätten. Wie abstechend wird man ihn gegen den jetzigen wirklichen Zustand dieser Wissenschaften finden!

Das einfache Mikroskop (Microscopium simplex) ist blos eine Convexlinse von sehr kurzer Brennweite. Sie vereinigt die Lichtstrahlen näher hinter der Crystallinse. Eben deswegen dient sie auch, sehr kleine Gegenstände deutlich vergrößert zu sehen. Sehr kleine Gegenstände würde man sonst, um sie zu erkennen, zu nahe vor das Auge bringen müssen, und weil dann das Bild von ihnen hinter die Netzhaut fiele, so würde man sie doch nicht deutlich sehen können. Man benutzt solche Mikroskope zur Betrachtung sehr kleiner Naturkörperchen, kleiner Kunstsachen ꝛc.

Weit wirksamer und bequemer ist das zusammengesetzte Mikroskop (Microscopium compositum). Dieses besteht gewöhnlich aus drey in einer vertikalen Röhre eingeschlossenen erhabenen Gläsern, wovon das untere nach dem Gegenstande hingekehrte, das sogenannte Objektivglas, eine sehr kurze

Brennweite hat. Auf demselben beruht der Grad des Vergrößerns. Das nächste Glas an dem Auge (wenn man das Instrument gebraucht) heißt **Okularglas**, das mittelste, welches die Strahlen noch mehr zusammenzuhalten dient, heißt **Collektivglas**. Gesetzt, CD, EF und GH Fig. 4. Taf. VII. wären die drey Gläser eines zusammengesetzten Mikroskops, CD wäre das Objektivglas, EF das Collektivglas und GH das Okularglas. AB sey ein Objekt, wovon Strahlen in das Glas CD einfallen. Diese Strahlen werden gebrochen und machen nach geschenem Herausfahren in ihren Vereinigungspunkten das vergrößerte Bild $\alpha\ \beta$. Nun müssen die Strahlen noch durch die Gläser EF und GH, ehe sie in's Auge gelangen. Die zuletzt gebrochenen aus dem Glase GH herausfahrenden Strahlen sind ik, lm; no, pm. Das Auge empfängt sie sehr convergirend. Verlängert gedacht, schneiden sie sich in a und b; folglich ist ab das sehr vergrößerte Bild von AB.

Unter dem Objektivglase des Mikroskops ist fast immer ein kleiner ebener Spiegel befindlich, den man mittelst eines Scharniers auf und nieder bewegen kann. Man fängt mit ihm Lichtstrahlen auf, die er auf das Objekt werfen muß, damit dieses möglichst erleuchtet werde. Das Objekt wird gewöhnlich auf ein abgeschliffenes Stück Glas oder zwischen ein Paar durchsichtige Glimmerblättchen gelegt, die, mit einer Einfassung versehen, sogenannte Schieber bilden.

Herr Waltersdorf brachte jetzt ein vollständiges Mikroskop, wie Fig. 5. Taf. VII. herbey. Die Röhre AB ließ sich in dem Gestelle auf und nieder schieben; sie enthielt bey B das Objektivglas. Er hatte mehrere Schieber cd mit Objekten, z. B. mit Fliegenbeinen, Mückenflügeln, Spinngeweben, die, nachdem er sie genau unter die Axe der Röhre gebracht, nachdem er das Objektivglas durch Auf- und Niederschieben der Röhre bis zur gehörigen Deutlichkeit gerichtet, und den Erleuchtungsspiegel ebenfalls an die

rechte Stelle gebracht hatte, ungemein vergrößert erschienen. Zu dem Instrumente gehörten mehrere Objektivgläser (oder mikroskopische Linsen) von stärkern und schwächern Vergrößerungen. Herr Waltersdorf konnte davon eine beliebige wählen und unten bey B an die Röhre schrauben. Diejenige Linse vergrößerte am meisten, welche die kürzeste Brennweite hatte; diese mußte man aber auch durch Auf- und Niederschieben der Röhre AB am nächsten an den Gegenstand bringen.

Man hat auch solche Mikroskope, wodurch man an der Wand eines dunkeln Zimmers ungeheuer große Bilder vor sehr kleinen Gegenständen erscheinen lassen kann. Auf diese Art läßt sich ein Floh beynahe so groß wie ein Elephant darstellen. Die Objekte werden bey diesen Mikroskopen sehr stark durch herbeygeleitete Sonnenstrahlen oder durch Lichtstrahlen von einer Lampe erleuchtet. Deswegen heißen solche Mikroskope Sonnenmikroskope und Lampenmikroskope.

Die Fernröhre sind noch viel wichtiger und nutzbarer als die Mikroskope. Mit Fernröhren erblickt man bekanntlich entfernte Gegenstände deutlicher und unter einem größern Sehewinkel, als mit bloßem Auge. Wie zahlreich sind die Entdeckungen, welche man in den neuern Zeiten mit Fernröhren an dem Himmel gemacht hat, und welche man noch täglich damit macht! Wie nützlich sind diese Werkzeuge nicht zu Beobachtungen auf der See, im Kriege und bey so vielen andern Gelegenheiten!

Man theilt alle Fernröhre in dioptrische und in katoptrische Fernröhre ein. Das dioptrische Fernrohr, welches auch Fernrohr (Tubus, Telescopium) schlechthin heißt, besteht blos aus Gläsern, die in einer Röhre vereinigt sind. Das katoptrische Fernrohr hingegen, welches auch den Namen Spiegelteleskop, Reflector (Telescopium reflectens) führt, hat nicht blos Gläser, sondern auch Spiegel in der Röhre. — Die Erfindung des eigent-

lichen Fernrohrs fällt übrigens in die letzten Jahre des sechszehnten Jahrhunderts. Man verdankt sie wahrscheinlich dem Zacharias Jansen, einem Brillenmacher zu Middelburg. Von ihm scheint auch das erste zusammengesetzte Mikroskop herzurühren. In ältern Zeiten waren die Fernröhre blos Röhren ohne Gläser, wodurch man entfernte Gegenstände allerdings deutlicher sehen konnte, als mit bloßen Augen. Denn solche Röhren, vor das Auge gebracht, halten das Licht von den Seiten her ab, welches sonst immer eine Undeutlichkeit veranlaßt.

Sowohl von den dioptrischen, als von den katoptrischen Fernröhren giebt es wieder verschiedene Arten. Zu den dioptrischen Fernröhren gehört: 1) das Holländische oder Galileische Fernrohr; 2) das Astronomische oder Keplersche Fernrohr, und 3) das terrestrische Fernrohr oder Erdrohr.

Das Galileische Fernrohr, welches der berühmte Italienische Naturforscher Galilei im Jahr 1609 angab, besteht aus einem convexen Objektivglase CD Fig. 1. Taf. VII. und aus einem hohlen Okularglase EF. Der Abstand von beyden ist ohngefähr der Differenz ihrer Brennweiten gleich. Bedeutet AB einen vor CD liegenden entfernten Gegenstand, wovon Strahlen in CD einfallen, so würde $\alpha\beta$ das verkehrte und verkleinerte Bild dieses Gegenstandes seyn, wenn CD allein da wäre. Nun aber fängt das Hohlglas EF die aus CD herausgekommenen gebrochenen Strahlen auf, und bricht sie so, daß sie divergirend werden. Diese divergirenden Strahlen mn, op; mq, or empfängt das Auge. Sie schneiden sich, verlängert gedacht, in a und b. Folglich ist ab das Bild von dem Gegenstande, welches das Auge sieht. Es ist aufrecht, und kleiner als der Gegenstand, aber dem Auge näher gebracht. — Dieses Fernrohr wird gewöhnlich nur zu Taschenperspectiven gebraucht.

Das Keplersche Fernrohr hat auch nur zwey Gläser, ein convexes Objektivglas und ein convexes Okularglas von kurzer Brennweite. Die Gegenstände werden darin verkehrt dargestellt, und deswegen wendet man es auch blos zum astronomischen Gebrauch an. Das von einem Pater Rheita zuerst angegebene Erdrohr besteht aus vier convexen Gläsern CD, EF, GH und IK Fig. 2. Dieses Fernrohr, worin die Objekte aufrecht erscheinen, wird vornehmlich zur Betrachtung entfernter irdischer Gegenstände gebraucht. Ist AB ein entferntes Objekt vor dem Fernrohre, so kann man sich wieder ein Paar Strahlen in das Objektivglas CD einfallend gedenken, die nach und nach von allen Gläsern gebrochen werden. Sie kommen aus dem Okularglase in einer solchen Richtung, wie qn, op; qp, or heraus. Verlängert gedacht, schneiden sich diese Strahlen in a und b, folglich ist ab für das vor dem Okularglase befindliche Auge das vergrößerte und vernäherte Bild von AB. Wie die Bilder liegen

würden, wenn nur zwey oder drey convexe Gläser da wären, kann man auch leicht an der Zeichnung sehen. Die Gläser sitzen übrigens in verschiedenen Röhren, die man in einander verschieben kann. Dieses ist nicht blos der Bequemlichkeit wegen nützlich, sondern auch wegen der verschiedenen Beschaffenheit der Augen, und wegen des unterschiedlichen Abstandes der zu betrachtenden Gegenstände sehr nothwendig, damit man das Okularglas dem Bilde des Gegenstandes mehr oder weniger zu nähern im Stande ist.

Der Raum, welchen man durch ein Fernrohr übersieht, wird Gesichtsfeld genannt. Eine ordentliche Größe des Gesichtsfeldes und die erforderliche Helligkeit sucht man dadurch zu erhalten, daß man das Objektivglas hinreichend groß macht. Wegen der Kugelgestalt der Gläser findet immer eine gewisse Undeutlichkeit der Bilder und eine Farbenzerstreuung statt, die man dadurch verringert, daß man die Gläser mit Blendungen (am Rande mit schwarzen Bedeckungen) ver-

sieht. Blendungen verkürzen aber wieder das Gesichtsfeld des Fernrohrs; sie schaffen auch die Farben nicht hinweg, welche, wie wir bald sehen werden, durch eine Spaltung des brechenden Lichts entstehen.

Der Engländer Dollond war der erste, welcher nach mannigfaltigen Versuchen so glücklich war, eine Brechung ohne Farben zu erhalten. Er brachte nämlich im Jahr 1757 verschiedene Glasarten, Flintglas und Kronglas, heraus, die er zu dem Objektivglase so construirte und mit einander verband, daß sie ganz und gar keine Farben mehr darstellten. Von dem schwächer brechenden Kronglase bildete er eine convexe Linse und von dem stärker brechenden Flintglase eine concave, die beyde sehr nahe an einander gebracht wurden. Hierbey hatte er freylich erst viele Schwierigkeiten zu bekämpfen, ehe er seinen Zweck vollkommen erreichte. Als er aber einmal so weit gekommen war, da machte er dioptrische Fernröhre von geringer Länge mit so großen Oeffnungen und Vergröße-

rungen, daß sie nach dem Urtheile der Kenner alles leisteten, was man nur von ihnen erwarten konnte. Sie stellten die Gegenstände sehr deutlich und mit ihrer wahren Farbe dar. In der Folge verbesserte Dollond seine Fernröhre noch dadurch, daß er zwey, auch wohl drey Objektivgläser von Kronglas und eins von Flintglas mit einander verband. Alle so eingerichtete Fernröhre haben in der Folge den Namen achromatische (farbenlose) Fernröhre oder Dollondsche Fernröhre erhalten.

Die inwendige schwarze Farbe der Röhre dient ebenfalls sehr zur Vermehrung der Deutlichkeit. Falsche Strahlen werden dadurch vom Reflectiren abgehalten.

Spiegelteleskope giebt es dreyerley Arten: 1) das Newtonsche, 2) das Cassegrainsche und 3) das Gregorysche. Das Newtonsche, von dem großen Britten Newton erfunden, ist das älteste unter allen. Ein Hohlspiegel rr Fig. 1. Taf. VIII.

der die Stelle des Objektivglases vertritt, fängt die Strahlen des Gegenstandes auf, die zu der großen Oeffnung des Rohrs hereinfallen, z. B. die Strahlen ſr, ſr. Er wirft diese Strahlen auf den in seinem Brennpunkte befindlichen, unter einem Winkel von 45 Graden gegen die Axe des Teleskops geneigten kleinen ebenen Spiegel b. Von diesem springen sie auf das zur Seite in einer Röhre a sitzende Okularglas, von welchem sie in's Auge gelangen. Die Gegenstände erscheinen in diesem Teleskope verkehrt.

Da man in dieses Teleskop zur Seite hineinsieht, und da es gewöhnlich groß und dick ist, so erleichtert man sich das Aufsuchen der Gegenstände durch ein anderes kleines mit der Axe gleichlaufend angebrachtes Fernrohr, welches Finder oder Sucher genannt wird.

Der Hannoveraner Herschel in London hat dieses Newtonschen Teleskop in den neuern Zeiten zu

einer sehr großen Vollkommenheit gebracht, daher heißen sie auch jetzt gewöhnlich Herschelsche Teleskope. Vorzüglich berühmt machte sich Herschel durch sein Riesenteleskop, welches vierzig Fuß lang ist. Der Hohlspiegel darin wiegt 2118 Pfund; er ist hinten $49\frac{1}{2}$, vorn in der polirten Fläche 48 Zoll breit. Seine Dicke beträgt $3\frac{1}{2}$ Zoll. Die Röhre selbst ist von Eisenblech verfertigt. Setzt man Okulargläser von sehr kurzen Brennweiten ein, so vergrößert das Instrument dreytausendmal. Auch das Gestelle dieses Fernrohrs, womit Herschel so viele wichtige Entdeckungen am Himmel machte, ist sehr künstlich eingerichtet. Mittelst desselben kann das Fernrohr von der Hand eines Menschen sehr leicht nach horizontaler und vertikaler Richtung hingedreht werden. Es steht in dem Garten der Sternwarte zu Greenwich. Nächst Herschel haben sich in der Folge der Oberamtmann Schröter zu Lilienthal bey Bremen und der Professor Schrader in Kiel durch die Verfertigung

großer, 26 bis 27 füßiger Newtonscher Spiegelteleskope verdient gemacht.

In dem Cassegrainschen Teleskope ist statt des Planspiegels ein kleiner convexer Spiegel so gestellt, daß sein Brennpunkt über den Brennpunkt des Hohlspiegels hinausfällt. Das Okularglas befindet sich in der Axe des Teleskops, und deswegen muß auch die Mitte des Hohlspiegels durchbrochen seyn. Auch in diesem Teleskope sieht man die Gegenstände verkehrt abgebildet. Indessen ist dieses Teleskop nur wenig in Gebrauch gekommen.

Mehr Anwendung fand von jeher das Gregorysche Teleskop, von dem Schottländer Gregory zuerst angegeben. Dieses Teleskop besteht aus einem großen in der Mitte offenen Hohlspiegel r r Fig. 2. Taf. VIII., dessen Fläche nach dem zu betrachtenden Gegenstande hingekehrt ist, und aus einem kleinen diesem großen zugekehrten Hohlspiegel n. Die Entfernung beyder Spiegel von einander ist ohngefähr der

Summe ihrer Brennweiten gleich. Strahlen, wie lr, lr, die erst auf den größern Hohlspiegel fallen und von diesem auf den kleinern geworfen werden, kommen von da durch die Oeffnung m des großen Spiegels und dann auf zwey in der Röhre b sitzende Okulargläser. Das Bild, welches nun das Auge sieht, ist aufrecht, wie der Gegenstand. — Schade übrigens, daß bey diesem auf der Erde sehr nutzbar anzuwendenden Teleskope gerade derjenige Theil des großen Hohlspiegels durch die Oeffnung verloren geht, welcher zur Deutlichkeit des Bildes am nothwendigsten ist.

Herr Waltersdorf hatte jetzt seinem jungen Schüler noch die dunkle Kammer (Camera obscura) und die Zauberlaterne (Laterna magica) zu zeigen. Die erstere brachte er am Tage und die andere an dem darauf folgenden Abende zum Vorschein. Beyde belustigten unsern Ferdinand ausnehmend. Die Camera obscura besteht aus einem dunkeln Kasten, der vorn in einer Röhre ein convexes

Glas enthält. Wenn man dieses Glas nach gewissen Gegenständen hinrichtet, so kommen Strahlen davon in das Glas, werden gebrochen, fallen gebrochen in den Kasten und machen darin ein Bild von den Gegenständen. Nun läßt man aber die gebrochenen Strahlen von einem Planspiegel auffangen, welcher unter einem Winkel von 45 Graden gegen den Boden des Kastens geneigt ist. Dieser wirft die Strahlen bey ihren Vereinigungspunkten auf ein in dem Kasten liegendes weißes Papier; folglich sieht man das (verkehrte und verkleinerte) Bild der Gegenstände auf dem Papiere.

Auf diese Art kann man Bilder von ganzen Landschaften auf das Papier bekommen, und sie dann sehr bequem abzeichnen. Ein sehr überraschender Anblick sind die Bilder in der Camera obscura für denjenigen, welcher vorher nie ein solches Instrument gesehen hat. Denn die Bilder haben zum Theil Leben, wenn das Instrument nach Straßen und andern belebten Gegenden hin gerichtet ist. Die kleinen Bilder von Men-

schen und Thieren gehen oder laufen; die Bilder von Vögeln fliegen u. d. gl. m. — Wenn der Spiegel die Strahlen aufwärts auf ein matt geschliffenes Glas wirft, worauf sich die Bilder präsentiren, so hat man die Camera clara.

Die Zauberlaterne besteht aus einem blechenen laternenförmigen Kasten, vorn mit einer Röhre, worin ein oder zwey erhabene Gläser befindlich sind. Nahe hinter dasjenige Glas, welches dem Kasten am nächsten ist, bringt man auf Glas gemalte Bilder. Diese Bilder, verkehrt eingeschoben, zeigen sich aufrecht mit allen Farben an der weißen Wand. Gesetzt, CD und EF wären die beyden Gläser vorn in der Röhre der Laterne, AB das auf Glas gemalte Objekt. Nun befindet sich in der Laterne noch ein kleiner metallener Hohlspiegel H, und in dem Brennpunkte desselben ein brennendes Licht i mit einer starken Flamme. Die aus dem Brennpunkte kommenden Strahlen werden von dem Hohlspiegel parallel reflektirt und erleuchten

so den auf Glas gemalten durchsichtigen Gegenstand AB. Dieser steht im Brennpunkte des erhabenen Glases CD. Die aus A und B ausfahrenden Strahlen werden daher von den beyden Gläsern so gebrochen, daß sie hinter dem zweyten Glase in ab ein vergrößertes verkehrtes Bild darstellen. Fallen die Vereinigungspunkte a und b der Strahlen genau auf eine Fläche, z. B. auf die weiße Wand, so präsentirt sich darauf das Bild sehr deutlich. Bringt man den Gegenstand verkehrt vor das Glas CD, so zeigt sich das Bild aufrecht.

Nähert man die Laterne der Wand, so daß die Wand vor ab fällt, so wird das Bild kleiner und kann sich nicht so deutlich mehr präsentiren, weil es dann die Wand nicht in den Vereinigungspunkten a und b, sondern früher trifft. Entfernt man die Laterne von der Wand, so daß die Wand hinter ab fällt, so wird das Bild größer; es zeigt sich dann aber ebenfalls nicht so deutlich mehr, weil es die Wand wieder nicht

in den Vereinigungspunkten a und b, sondern später trifft.

Herr Waltersdorf öffnete jetzt ganz weit eine Thür, die aus einem Zimmer in ein anderes führte. Ganz über die Oeffnung spannte er eine feine durchsichtige Leinwand (oder ein Stück Mousselin). Ferdinand mußte sich in das eine ganz dunkele Zimmer setzen, und in dem andern ebenfalls ganz dunkeln Zimmer blieb Herr Waltersdorf. Auf einmal erblickte Ferdinand in der Richtung der Thür, und wie es schien, ziemlich entfernt, eine kleine weiße geisterähnliche Figur. Diese Figur schwebte immer näher und näher, wurde folglich immer größer und größer, und schien ihm endlich ganz auf den Leib zu rücken. Sie entfernte sich darauf wieder, wurde immer kleiner und kleiner und verlor sich endlich in einem kleinen Punkte. Andere Figuren folgten auf dieser; zum Theil stiegen sie auch aus der Erde hervor, zum Theil kamen sie aus den Lüften herunter.

Herr Waltersdorf ging bald darauf mit der Vorrichtung, welche jene Geistererscheinung bewirkte, zu Ferdinand. Diese Vorrichtung bestand blos in einer Zauberlaterne, die sich in folgendem von der gewöhnlichen Laterna magika unterschied. Die Bilder, welche Geister vorstellten, waren auf Glas radirt, das auf der einen Seite mit einem schwarzen Lacke überzogen war. Dadurch mußten sie sich natürlich auf der Leinwand weiß präsentiren. Weil die Leinwand durchsichtig war, so zeigten sich die Bilder auf beyden Seiten derselben, folglich konnte sie Ferdinand in dem einen Zimmer so gut sehen, als Herr Waltersdorf in dem andern. Bey der gewöhnlichen Zauberlaterne steckt man die Bilder von der Seite (horizontal) hinein. Bey der Zauberlaterne zu Geistererscheinungen aber steckt man sie von oben oder von unten (vertikal) hinein; dadurch konnte man es bewirken, daß die Geister aus der Erde hervorstiegen oder daß sie aus der Luft herabschwebten. Stellte sich Herr

Waltersdorf mit der Laterne sehr nahe an die Leinwand, so erschien auf derselben erst ein heller Punkt. Dieser löste sich, so wie Herr Waltersdorf weiter zurück ging, in eine ordentliche Figur auf, welche desto größer wurde, je weiter sich Herr Waltersdorf mit der Laterne von der Leinwand entfernte. Ferdinand sah in dem dunkeln Zimmer blos die weiße Figur; er sah sie erst ganz klein, er sah sie immer größer und größer werden. Dadurch entstand nothwendig der Begriff von Näherung derselben in ihm. Als sie so groß wie ein erwachsener Mensch war, da mußte sie in seiner Einbildung ganz nahe bey ihm seyn. Eben so war es nun auch mit dem Entfernen und Verschwinden des Geistes. Dies veranlaßte Herr Waltersdorf dadurch, daß er mit der Laterne sich der Leinwand wieder näherte.

Eine solche Beschaffenheit hat es immer mit denjenigen Geistererscheinungen, welche man so oft auf Messen und bey andern Gelegenheiten für Geld sieht.

Die Einrichtung, daß die Figuren Kopf und Hände bewegen, ist leicht zu machen. Die Geistererscheinungen mit Hohlspiegeln (wie S. 176 f.) sind viel seltener.

Acht und vierzigstes Kapitel.

Von den Farben und von der Beugung des Lichts.

Newton, der große Britte, verfinsterte am Tage ein Zimmer durch Läden, die er vor die Fenster setzte. Der eine Laden hatte nur eine kleine runde Oeffnung. Durch diese Oeffnung ließ Newton einen Büschel Lichtstrahlen fallen, und mit einem dreyeckigten gläsernen Prisma fing er diese Lichtstrahlen auf. Das Prisma hatte hierbey die Lage wie P Fig. 4. Taf. VIII., wo nämlich P einen Querdurchschnitt des Prisma's bedeutet. Die Strahlen gingen durch das Prisma hindurch und wurden gebrochen. Der Strahlenbüschel behielt aber hinter dem Prisma nicht die Dicke AB bey;

er war vielmehr in **sieben** gefärbte Strahlen Bdc gleichsam von einander gespalten, so daß er auf einem weißen Papiere EF von c nach d hinauf ein **Farben**bild aus **Roth**, **Orange**, **Gelb**, **Grün**, **Hell**blau, **Dunkelblau** und **Violet** darstellte. Die farbigten Streifen auf dem Papiere hatten nicht alle eine gleiche Breite. Wurde die Höhe des ganzen Farbenbildes 1 gesetzt, so betrug die Breite des rothen Streifens $\frac{1}{8}$, des orange $\frac{3}{40}$, des gelben $\frac{2}{15}$, des grünen $\frac{1}{6}$, des hellblauen $\frac{1}{6}$, des dunkelblauen $\frac{1}{9}$ und des violetten $\frac{2}{9}$.

Nun ließ **Newton** einen von den sieben farbigten Strahlen durch ein kleines in dem Papiere befindliches Löchelchen auf ein zweytes gläsernes Prisma fallen. Dieser Strahl kam nach abermaliger Brechung ohne alle Veränderung aus dem Glase heraus. Er blieb roth und behielt seine Breite, wie vor dem Eingange. Fing **Newton** aber alle sieben gefärbte Strahlen mit einem Brennglase (einer convexen Linse) auf,

so wurden sie alle sieben beym Ausgange aus dem Glase wieder zu einem weißen Strahlenbüschel vereinigt.

Unser große Naturforscher schloß aus diesen Versuchen, welche jetzt auch Herr Waltersdorf nachmachte, daß das weiße Licht kein einfaches, sondern ein aus obigen sieben Farben zusammengesetztes Licht sey. Er nannte die sieben Farben einfache Farben oder Grundfarben. Diese konnten, seiner Meinung nach, hinter dem Prisma blos durch die verschiedene Brechbarkeit jedes einzelnen Strahls entstehen. Die verschiedenen farbigten Strahlen wären also beym weißen Lichte immer unter einander gemischt; sie machten in dieser Mischung das weiße Licht aus. Da sie nun einzeln einen verschiedenen Grad der Brechbarkeit besitzen, so mußte beym Brechen eine Spaltung entstehen; und so wurde denn, wie die Versuche zeigten, der rothe Strahl Bc am wenigsten gebrochen, der violette Bd am meisten.

Nun ist aber das gläserne Prisma keinesweges der

einzige durchsichtige Körper, welcher die **Farbenzerstreuung** zeigt; vielmehr zeigen dieselbe Erscheinung auch alle übrige durchsichtige Körper, deren brechende Flächen nicht parallel sind. Man sieht sie z. B. auch hinter einem weißen gläsernen Kegel, dessen Spitze gegen die einfallenden Sonnenstrahlen gekehrt ist; man sieht sie an andern Gläsern, z. B. hinter den geschliffenen Gläsern der Kronleuchter, gegen welche die Sonne scheint, hinter convexen Linsengläsern rc. Besonders nach dem Rande zu, wirken die Convergläser wie Prismen. Deswegen verursachen sie in optischen Werkzeugen die Undeutlichkeit, wovon ich bey den Fernröhren gesprochen habe, eine Undeutlichkeit, welche **Dollond** auf die bekannte Art zuerst hinwegschaffte. Auch Regentropfen und andere Wassertheilchen bewirken sehr häufig die Farbenzerstreuung. Am schönsten sehen wir diese beym **Regenbogen**, wo die farbigten Strahlen, worin das weiße Licht der Sonne durch die Regentropfen zertheilt worden ist, von der dunkeln Regen-

wand zurückgeworfen werden, und so zu den Augen der Beobachter gelangen.

Herr Waltersdorf brachte jetzt eine sogenannte Farbenspindel an's Licht, d. h. eine hölzerne kreisrunde Scheibe, ohngefähr 2 Zoll im Durchmesser, die, auf der obern Kreisfläche mit den sieben Grundfarben bemalt, um einen in der Mitte steckenden perpendikulären Stift mit den Fingern, auf die bekannte Weise wie ein Kreusel, in eine schnelle umdrehende Bewegung gebracht werden konnte. Das Bemalen der obern Kreisfläche war auf folgende Art geschehen. Die Kreisfläche, mit weißem Papier bezogen, war aus dem Mittelpunkte in sieben Ausschnitte getheilt, deren Bögen sich wie die oben angeführte Breite der Streifen des Farbenbildes hinter dem Prisma verhielten, nämlich wie $\frac{1}{8}$, $\frac{3}{40}$, $\frac{2}{15}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{9}$ und $\frac{2}{9}$. Nach der Ordnung dieser Zahlen waren die auf einander folgenden Ausschnitte roth, orange, gelb, grün, hellblau, dunkelblau und violet angestrichen. Herr Waltersdorf

schnellte die Scheibe auf einem Tische um ihren Stift. Da erschien denn die obere bemalte Fläche der Scheibe weiß. Durch die schnelle Drehung der Scheibe vermischten sich nämlich die sieben Farben gleichsam mit einander; in das Auge kam daher nur weißes Licht. Daß das Weiße etwas in's Graulichte fiel, war nicht zu verwundern, weil die färbenden Stoffe (die Pigmente) nie so reine Farben darstellen können, wie das gläserne Prisma.

Der ehemalige berühmte Astronom Tobias Mayer in Göttingen und der noch lebende geschickte Professor Wünsch zu Frankfurt an der Oder nahmen nur drey einfache Farben an; der erstere Roth, Gelb und Blau; der letztere Roth, Grün und Violet. Sie glaubten, daß aus diesen drey Farben alle übrigen in verschiedenen Verhältnissen zusammengesetzt wären; z. B. nach Mayer, Grün aus Gelb und Blau, Orange aus Roth und Gelb, Violet aus Roth und Blau ꝛc. Wirklich erhält man z. B.

auch die Empfindung von Violet, wenn man den einen Halbkreis einer Scheibe roth, den andern blau anstreicht und dann die Scheibe schnell um ihre Mitte dreht.

Alle Körper, welche wir erblicken, senden in unsere Augen Strahlen, welche sie von der Sonne erhielten. Nur von denjenigen Körpern kommen diese Strahlen unzerspalten in unsere Augen, welche uns weiß erscheinen. Sehen wir einen Körper grün, blau, roth ꝛc., so hat er das auffallende weiße Licht gespalten, nur den grünen, blauen, rothen ꝛc. Strahl nach unserm Auge reflectirt, die übrigen aber eingesogen oder sonst für unser Auge unwirksam gemacht. Es können auch zwey, drey, vier, fünf, und sechs farbigte Strahlen von einem Körper zurückgeworfen werden. Diese Strahlen können sich vermischen und dann zeigt sich auch der Körper von einer eignen gemischten Farbe. Es kommt also auf die materielle Beschaffenheit der Körper, besonders auf deren Oberflächen an, ob die Körper mit dieser oder jener Farbe erscheinen.

Nun kann mit den Theilchen eines Körpers, ihrer Lage ꝛc. durch chemische und mechanische Processe eine Aenderung vorgehen, oder es kann auch nur die Oberfläche des Körpers mit andern Theilchen vermischt werden, um andere Farben zu erzeugen, die vorher nicht da waren. Eine solche Veränderung geht z. B. im Herbst mit den Blättern vor, deren Farbe aus dem Grünen in das Gelbe übergeht. Eine solche Beschaffenheit hat es mit dem Verschießen der Farben in der Luft, im Regen und im Sonnenscheine u. s. w. Beym Färben und Malen versieht man die Körper, besonders an der Oberfläche, mit färbenden Stoffen, die man so zu wählen weiß, daß das Auge die Körper mit dieser oder jener Farbe erblickt.

Manche durchsichtige Körper lassen nicht alles Licht durch sich hindurchgehen, sondern nur gewisse farbigte Strahlen; die übrigen reflectiren sie, oder machen sie sonst für unser Auge unwirksam. Z. B. ein mit Kobalt gefärbtes Glas erscheint blau, weil nur der blaue

Strahl hindurchdringt, die übrigen nicht; eine mit Carmin gefärbte Flüssigkeit erscheint roth, weil nur der rothe Strahl durch dieselbe hindurch nach unserm Auge gelangt 2c.

Es giebt aber auch Körper, welche das Licht mit zwey oder mehreren Farben so zurückwerfen, daß das Auge von jeder Stelle eine andere Farbe sieht, je nachdem die Richtung ist, unter welcher es die Strahlen auffängt. So erklärt man das Schillern oder Changiren der Körper, z. B. der Taubenhälse, der Pfauenfedern, der gewässerten Seidenzeuge, des Labradors und anderer Mineralien, die Farben der Seifenblasen 2c. Manche Gläser erscheinen schwarz, wenn sie auf undurchsichtigen Körpern liegen und die Strahlen durch Reflexion in's Auge kommen; gelb oder grün aber, wenn man sie gegen das Licht hält, folglich die Strahlen durch Refraction in's Auge gelangen. Dieselbe Erscheinung hat man oft an gefärbten Flüssigkeiten, aus welchen Strahlen auf verschiedene Art in's Auge fallen.

Fahren Lichtstrahlen ganz nahe an der Oberfläche, besonders an den Kanten und Ecken eines undurchsichtigen Körpers vorbey, so werden sie auch dadurch oft von ihrer Richtung abgelenkt, entweder nach dem Körper hin, oder davon abgezogen. Diese Erscheinung nennt man Beugung, Inflexion oder Diffraction des Lichts. Läßt man z. B. durch die feine Oeffnung eines finstern Zimmers einen Sonnenstrahl auf ein ausgespanntes Haar oder auf einen feinen Draht fallen, so ist der Schatten desselben, den man mit einem weißen Papiere auffängt, breiter, als er seyn müßte, wenn der Strahl am Haare oder Drahte gerade fortginge. Auch eine Farbenzerstreuung wird durch diese Beugung des Lichts hervorgebracht; die Farben, die sich dann zeigen, sind aber nur schwach gegen diejenigen, welche durch Brechung entstehen. — So war denn abermals eine der wichtigsten Lehren der Physik, die Lehre vom Licht, geendet.

Taf. I.

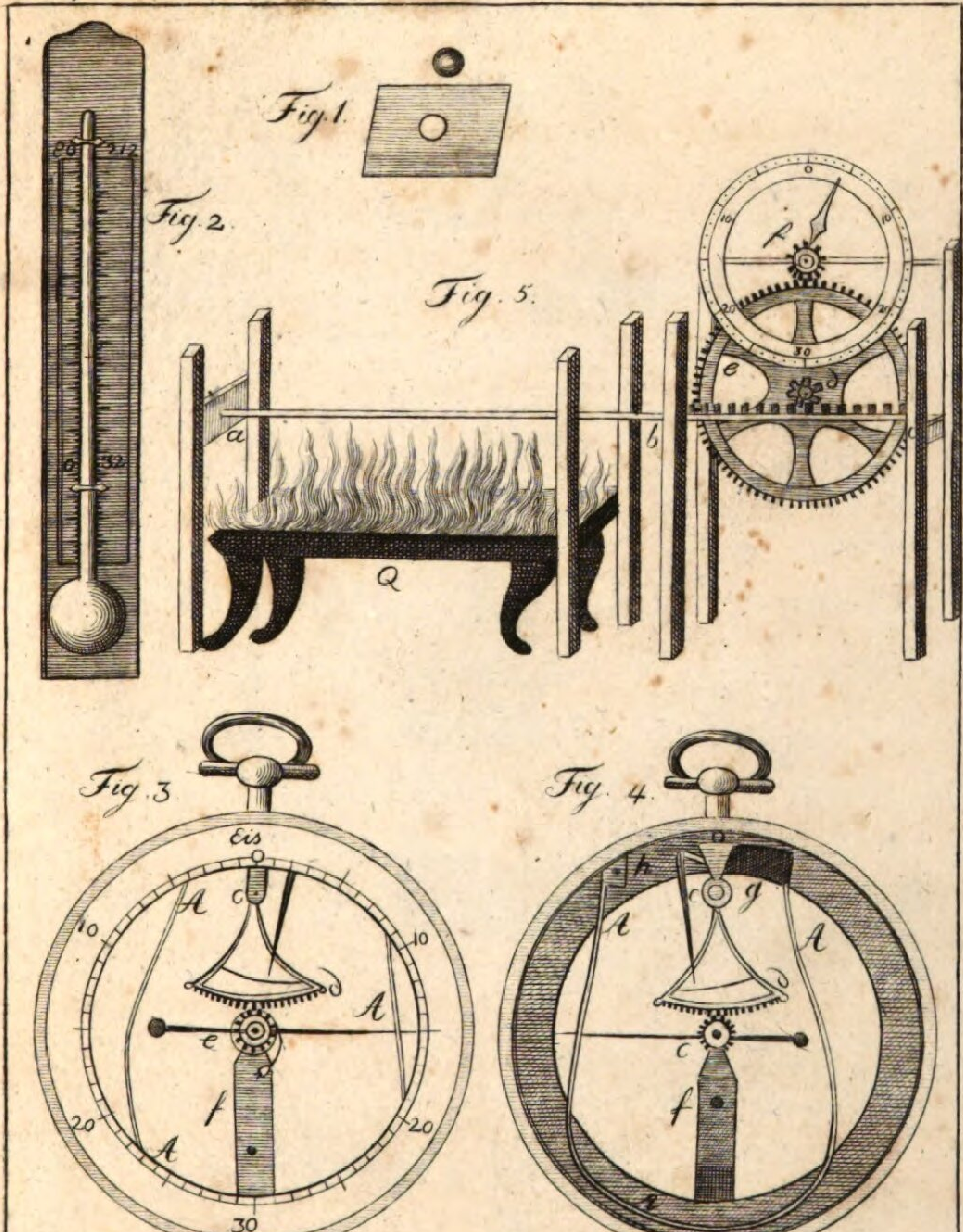


Fig. 1.
Fig. 2.
80
212
0
32
Fig. 5.
a
b
Q
e
d
f
0
10
10
20
20
30
Fig. 3
Eis
A
c
10
10
d
A
e
g
f
20
20
A
30
Fig. 4.
h
c
g
A
A
d
c
f

Taf. II.

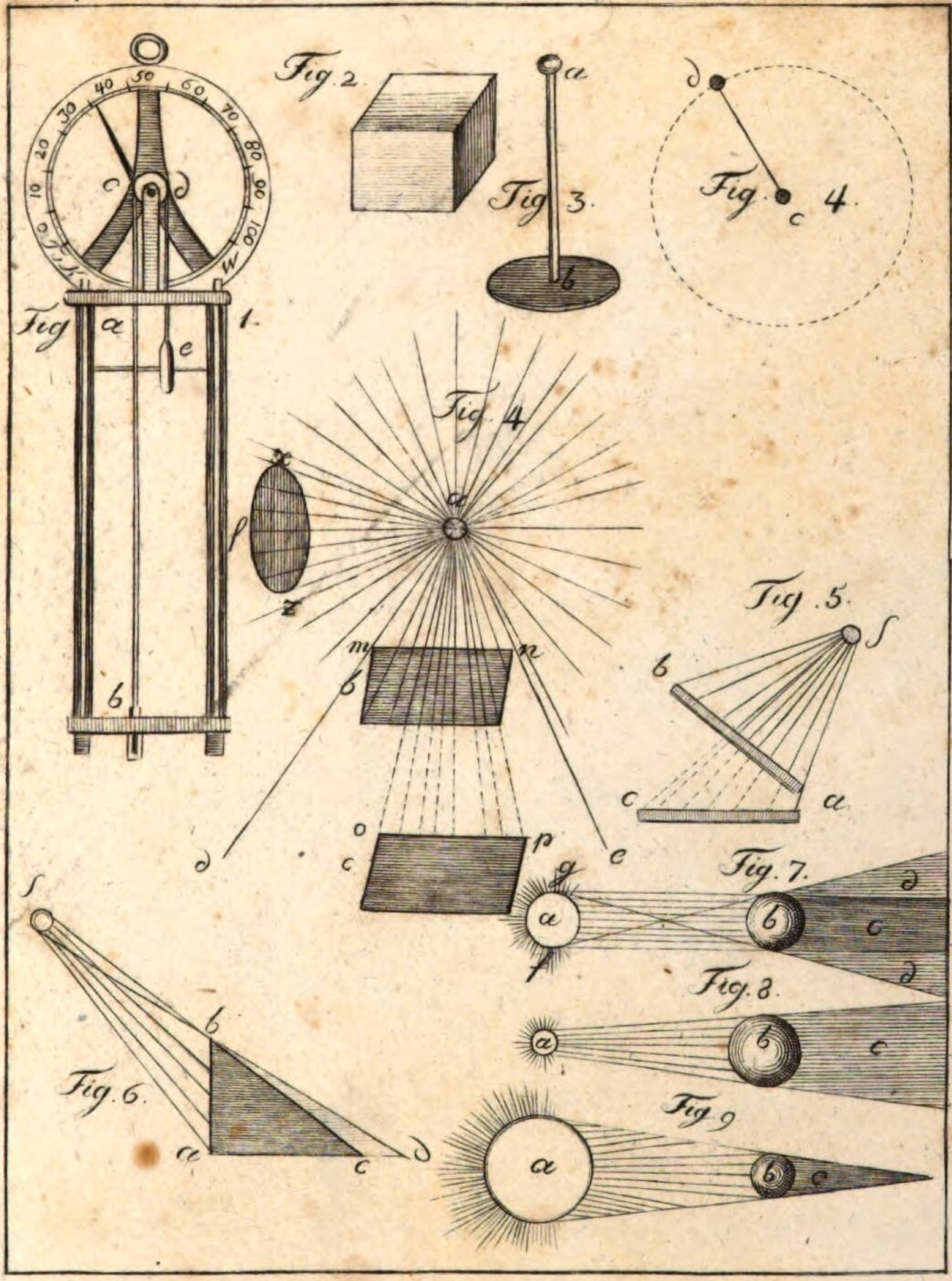
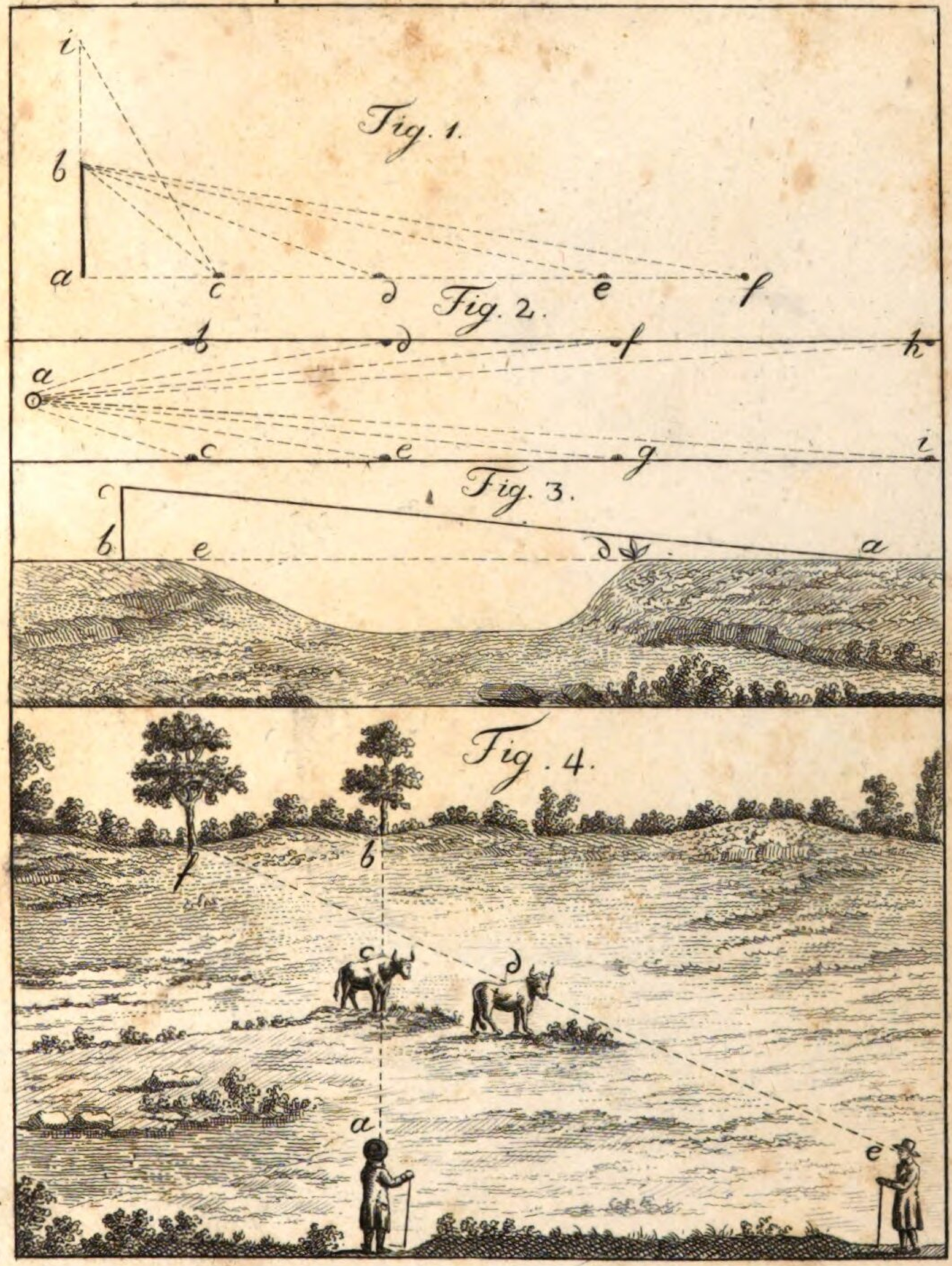
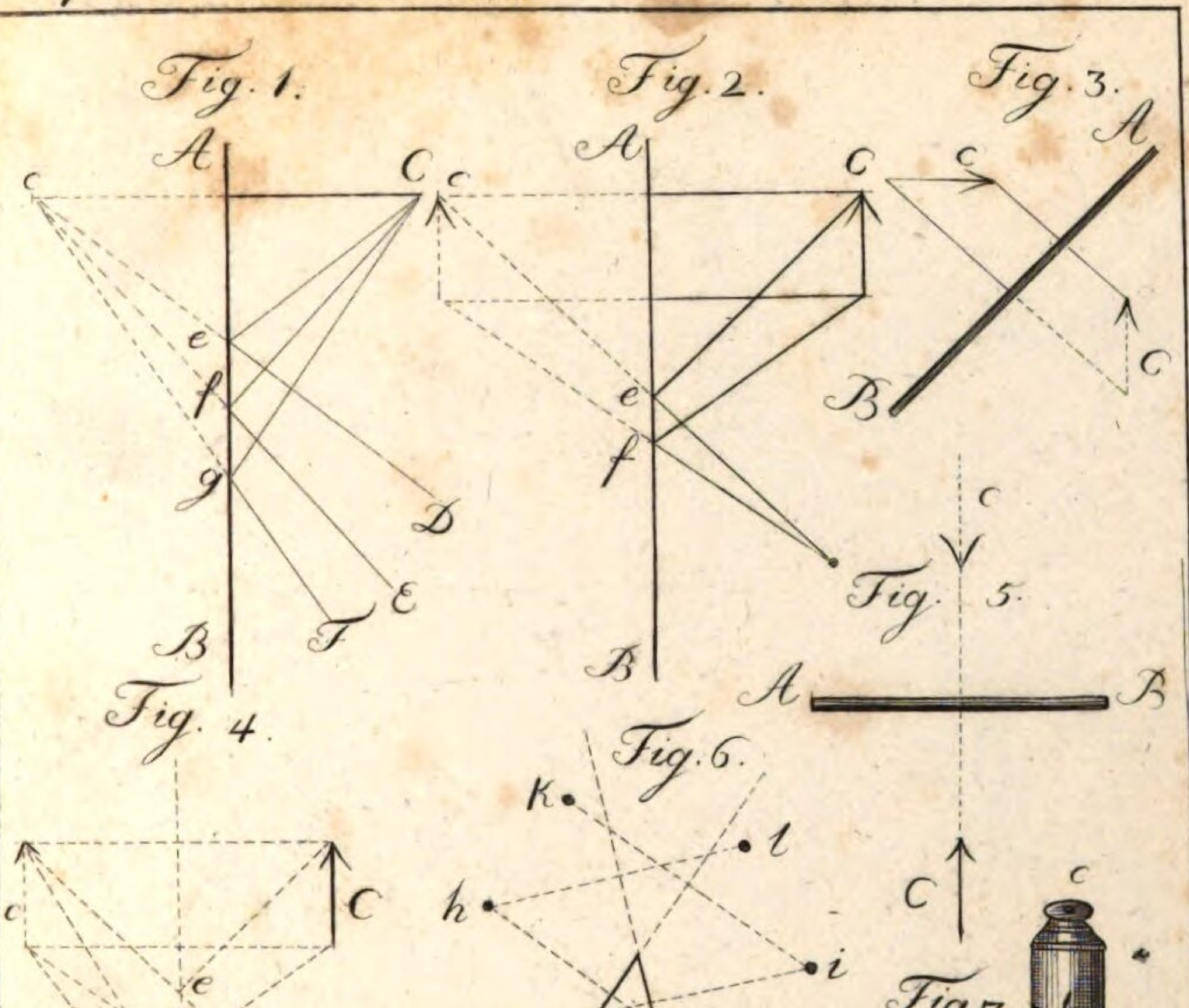


Fig. 1.
a
b
c
d
e
K
W
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Fig. 2.
Fig. 3.
a
b
Fig. 4.
d
c
Fig. 4
a
x
f
z
m
n
b
o
p
c
d
e
Fig. 5.
s
b
c
a
Fig. 6.
s
b
a
c
d
Fig. 7.
g
a
f
b
c
d
d
Fig. 8.
a
b
c
Fig. 9
a
b
c

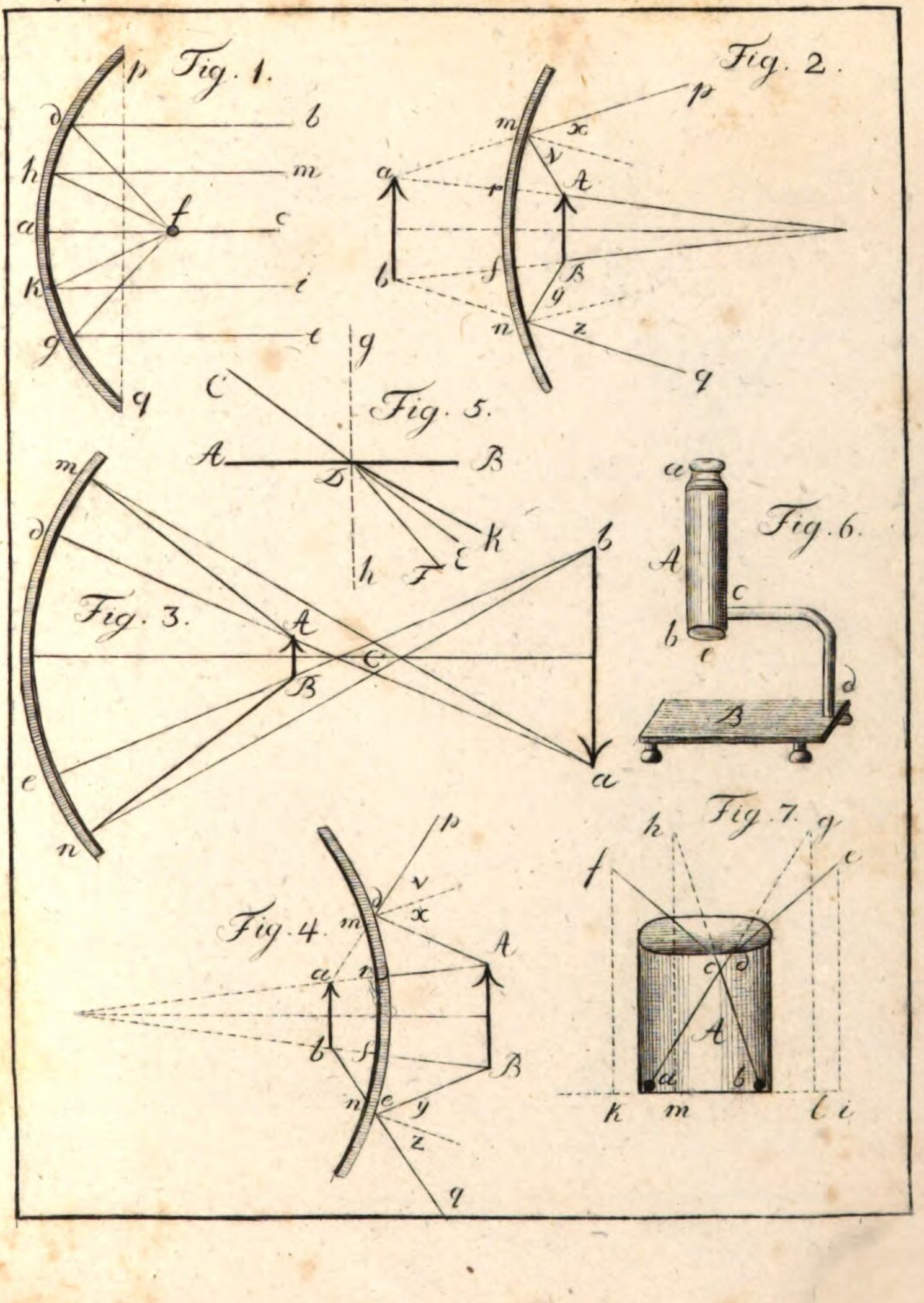
Taf. III.



Taf IV



Taf. V.



Taf. VI

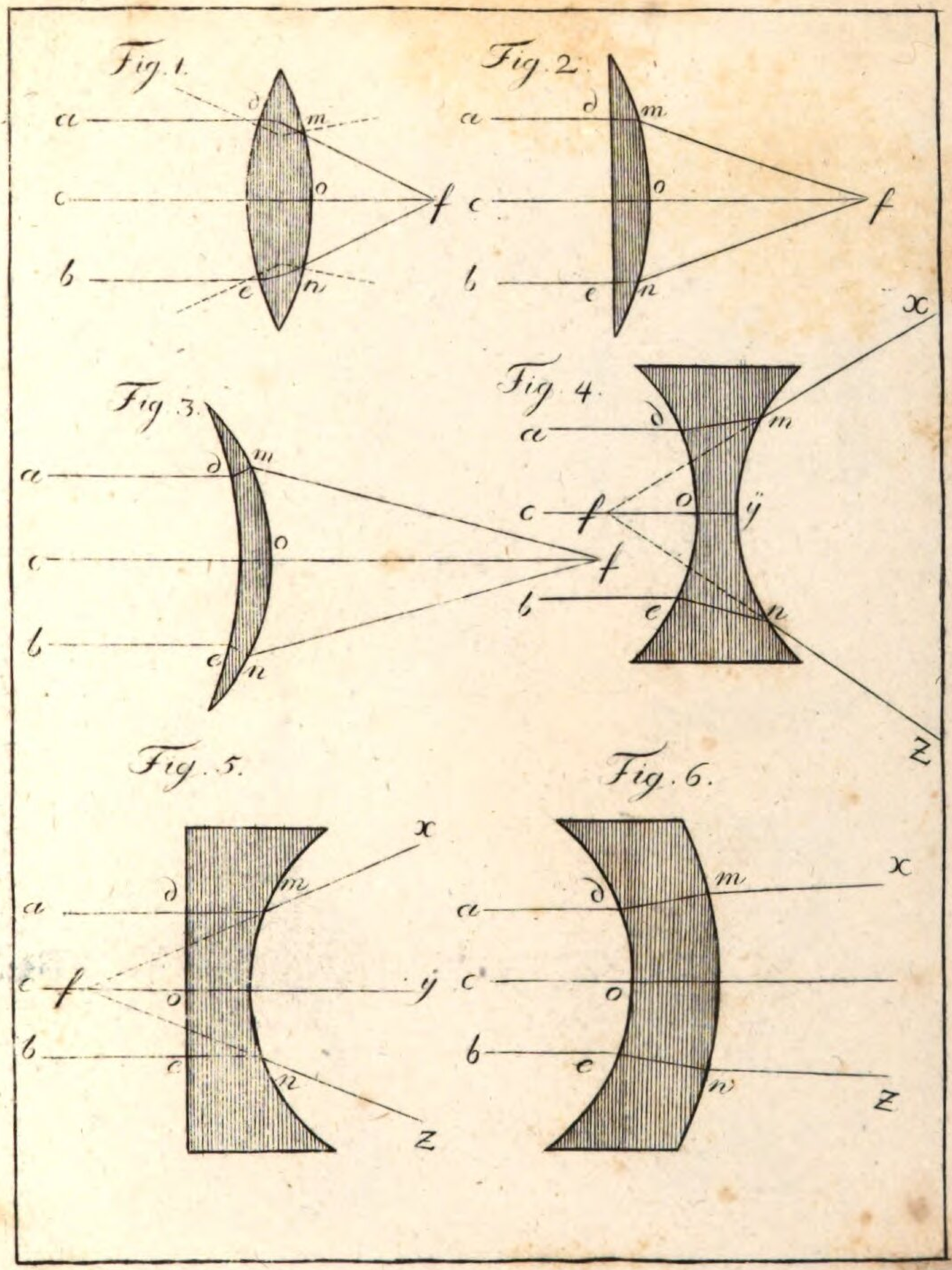


Fig. 1.
a
c
b
d
m
o
f
e
n
Fig. 2.
a
c
b
d
m
o
f
e
n
Fig. 3.
a
c
b
d
m
o
f
e
n
Fig. 4.
a
c
b
d
m
f
o
ÿ
e
n
x
z
Fig. 5.
a
c
b
f
d
m
o
e
n
x
y
z
Fig. 6.
a
c
b
d
m
o
e
n
x
z

Taf. VII.

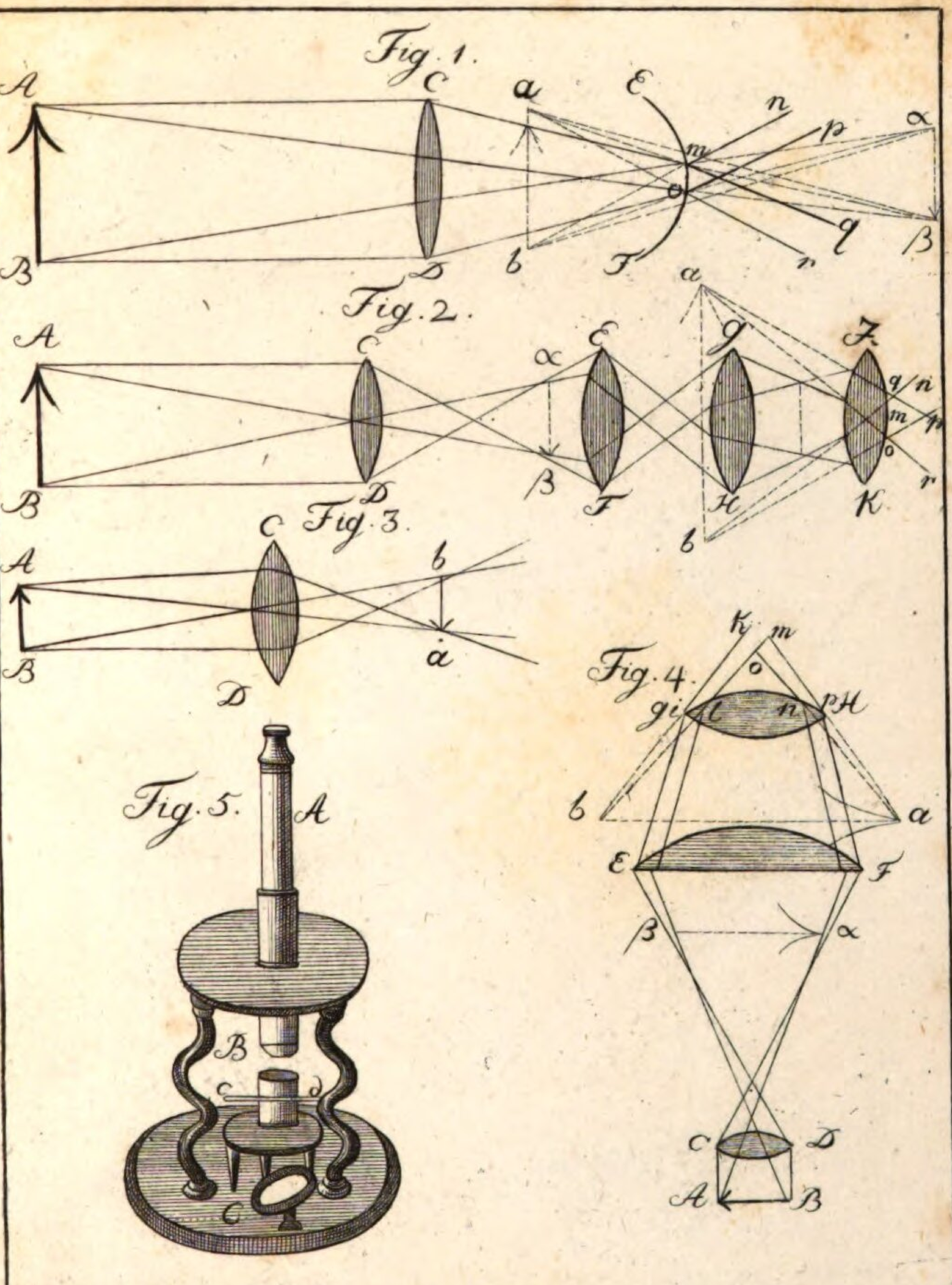


Fig. 1.
A
B
C
D
a
b
E
F
m
o
n
p
q
r
l
α
β
Fig. 2.
A
B
C
D
α
β
E
F
a
b
G
H
J
K
q
n
m
p
o
r
Fig. 3.
A
B
C
D
b
a
Fig. 4.
K
m
o
gi
l
n
pH
b
a
E
F
β
α
C
D
A
B
Fig. 5.
A
B
c
d
C

Taf VIII

Fig. 1.

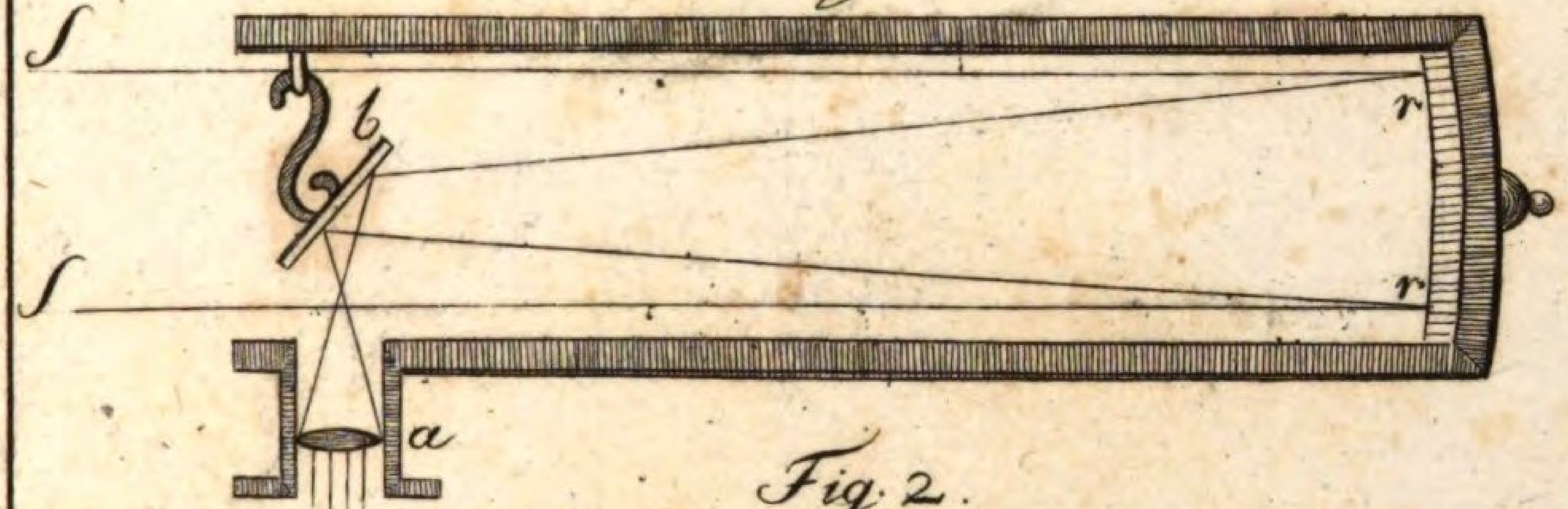


Fig. 2.

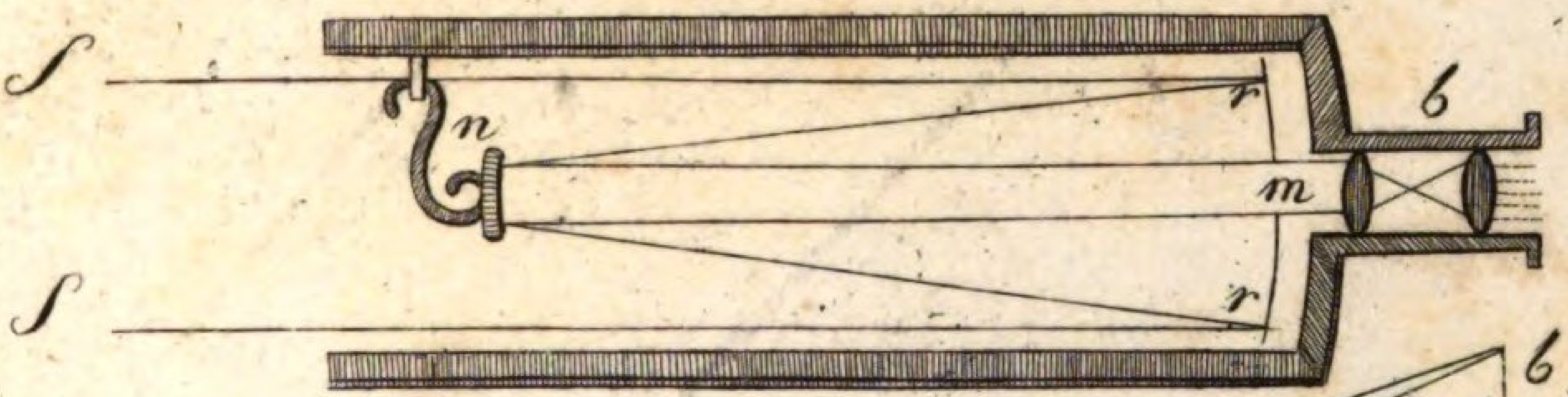


Fig. 3.

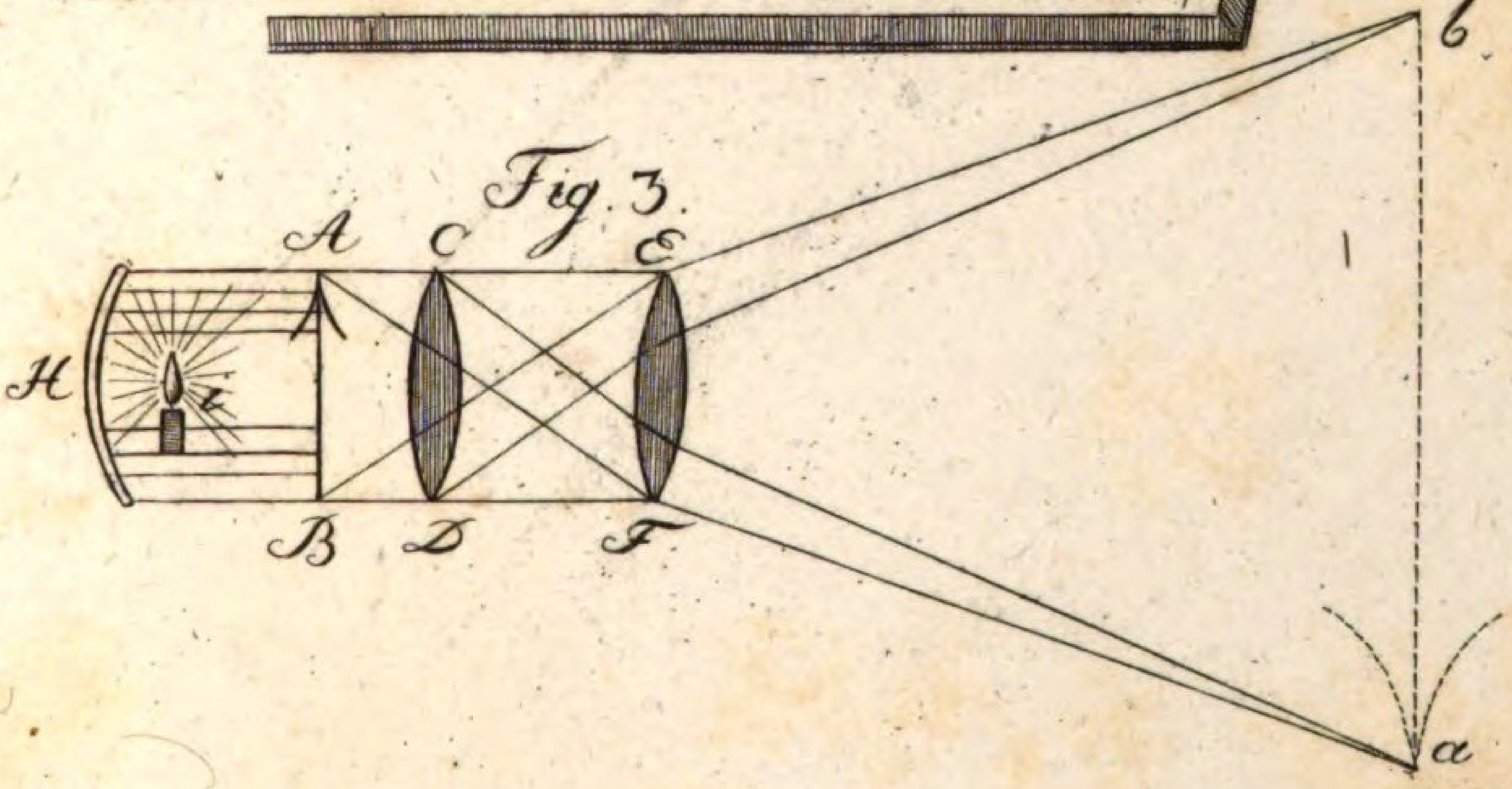


Fig. 4.

XX XX XX X (1-8) III.89

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Poppe, Johann Heinrich Moritz von

Der physikalische Jugendfreund oder faßliche und unterhaltende Darstellung der Naturlehre mit der genauesten Beschreibung aller anzustellenden Experimente, der dazu nöthigen Instrumente, und selbst mit Beyfügung vieler belustigenden physikalsichen Kunststücke
Bd.: 3

Frankfurt am Mayn 1814

Phys.g. 356 l-3
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10137923-3